This is a digital copy of a book that was preserved for generations on library shelves before it was carefully scanned by Google as part of a project to make the world's books discoverable online.

It has survived long enough for the copyright to expire and the book to enter the public domain. A public domain book is one that was never subject to copyright or whose legal copyright term has expired. Whether a book is in the public domain may vary country to country. Public domain books are our gateways to the past, representing a wealth of history, culture and knowledge that's often difficult to discover.

Marks, notations and other marginalia present in the original volume will appear in this file - a reminder of this book's long journey from the publisher to a library and finally to you.

Usage guidelines

Google is proud to partner with libraries to digitize public domain materials and make them widely accessible. Public domain books belong to the public and we are merely their custodians. Nevertheless, this work is expensive, so in order to keep providing this resource, we have taken steps to prevent abuse by commercial parties, including placing technical restrictions on automated querying.

We also ask that you:

+ *Make non-commercial use of the files* We designed Google Book Search for use by individuals, and we request that you use these files for personal, non-commercial purposes.

+ *Refrain from automated querying* Do not send automated queries of any sort to Google's system: If you are conducting research on machine translation, optical character recognition or other areas where access to a large amount of text is helpful, please contact us. We encourage the use of public domain materials for these purposes and may be able to help.

+ *Maintain attribution* The Google "watermark" you see on each file is essential for informing people about this project and helping them find additional materials through Google Book Search. Please do not remove it.

+ *Keep it legal* Whatever your use, remember that you are responsible for ensuring that what you are doing is legal. Do not assume that just because we believe a book is in the public domain for users in the United States, that the work is also in the public domain for users in other countries. Whether a book is still in copyright varies from country to country, and we can't offer guidance on whether any specific use of any specific book is allowed. Please do not assume that a book's appearance in Google Book Search means it can be used in any manner anywhere in the world. Copyright infringement liability can be quite severe.

About Google Book Search

Google's mission is to organize the world's information and to make it universally accessible and useful. Google Book Search helps readers discover the world's books while helping authors and publishers reach new audiences. You can search through the full text of this book on the web at `http://books.google.com/`

A propos de ce livre

Ceci est une copie numérique d'un ouvrage conservé depuis des générations dans les rayonnages d'une bibliothèque avant d'être numérisé avec précaution par Google dans le cadre d'un projet visant à permettre aux internautes de découvrir l'ensemble du patrimoine littéraire mondial en ligne.

Ce livre étant relativement ancien, il n'est plus protégé par la loi sur les droits d'auteur et appartient à présent au domaine public. L'expression "appartenir au domaine public" signifie que le livre en question n'a jamais été soumis aux droits d'auteur ou que ses droits légaux sont arrivés à expiration. Les conditions requises pour qu'un livre tombe dans le domaine public peuvent varier d'un pays à l'autre. Les livres libres de droit sont autant de liens avec le passé. Ils sont les témoins de la richesse de notre histoire, de notre patrimoine culturel et de la connaissance humaine et sont trop souvent difficilement accessibles au public.

Les notes de bas de page et autres annotations en marge du texte présentes dans le volume original sont reprises dans ce fichier, comme un souvenir du long chemin parcouru par l'ouvrage depuis la maison d'édition en passant par la bibliothèque pour finalement se retrouver entre vos mains.

Consignes d'utilisation

Google est fier de travailler en partenariat avec des bibliothèques à la numérisation des ouvrages appartenant au domaine public et de les rendre ainsi accessibles à tous. Ces livres sont en effet la propriété de tous et de toutes et nous sommes tout simplement les gardiens de ce patrimoine. Il s'agit toutefois d'un projet coûteux. Par conséquent et en vue de poursuivre la diffusion de ces ressources inépuisables, nous avons pris les dispositions nécessaires afin de prévenir les éventuels abus auxquels pourraient se livrer des sites marchands tiers, notamment en instaurant des contraintes techniques relatives aux requêtes automatisées.

Nous vous demandons également de:

+ *Ne pas utiliser les fichiers à des fins commerciales* Nous avons conçu le programme Google Recherche de Livres à l'usage des particuliers. Nous vous demandons donc d'utiliser uniquement ces fichiers à des fins personnelles. Ils ne sauraient en effet être employés dans un quelconque but commercial.

+ *Ne pas procéder à des requêtes automatisées* N'envoyez aucune requête automatisée quelle qu'elle soit au système Google. Si vous effectuez des recherches concernant les logiciels de traduction, la reconnaissance optique de caractères ou tout autre domaine nécessitant de disposer d'importantes quantités de texte, n'hésitez pas à nous contacter. Nous encourageons pour la réalisation de ce type de travaux l'utilisation des ouvrages et documents appartenant au domaine public et serions heureux de vous être utile.

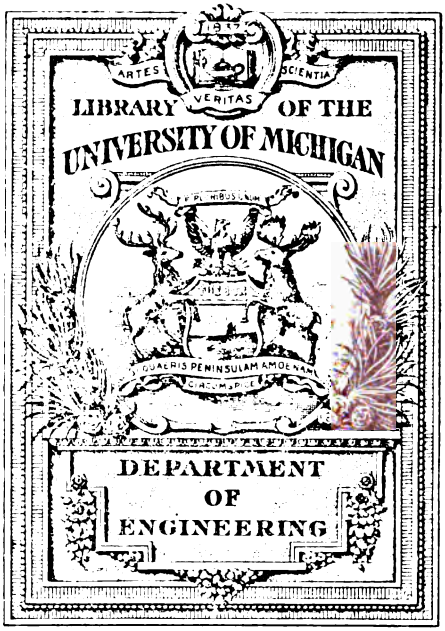
+ *Ne pas supprimer l'attribution* Le filigrane Google contenu dans chaque fichier est indispensable pour informer les internautes de notre projet et leur permettre d'accéder à davantage de documents par l'intermédiaire du Programme Google Recherche de Livres. Ne le supprimez en aucun cas.

+ *Rester dans la légalité* Quelle que soit l'utilisation que vous comptez faire des fichiers, n'oubliez pas qu'il est de votre responsabilité de veiller à respecter la loi. Si un ouvrage appartient au domaine public américain, n'en déduisez pas pour autant qu'il en va de même dans les autres pays. La durée légale des droits d'auteur d'un livre varie d'un pays à l'autre. Nous ne sommes donc pas en mesure de répertorier les ouvrages dont l'utilisation est autorisée et ceux dont elle ne l'est pas. Ne croyez pas que le simple fait d'afficher un livre sur Google Recherche de Livres signifie que celui-ci peut être utilisé de quelque façon que ce soit dans le monde entier. La condamnation à laquelle vous vous exposeriez en cas de violation des droits d'auteur peut être sévère.

À propos du service Google Recherche de Livres

En favorisant la recherche et l'accès à un nombre croissant de livres disponibles dans de nombreuses langues, dont le français, Google souhaite contribuer à promouvoir la diversité culturelle grâce à Google Recherche de Livres. En effet, le Programme Google Recherche de Livres permet aux internautes de découvrir le patrimoine littéraire mondial, tout en aidant les auteurs et les éditeurs à élargir leur public. Vous pouvez effectuer des recherches en ligne dans le texte intégral de cet ouvrage à l'adresse `http://books.google.com`

26901 BPL


ARTES
VERITAS
SCIENTIA
LIBRARY OF THE
UNIVERSITY OF MICHIGAN
DEPARTMENT
OF
ENGINEERING

TA
2
S68

SOCIÉTÉ

DES

INGÉNIEURS CIVILS

DE FRANCE

ANNÉE 1899

MÉMOIRES

ET

COMPTE RENDU DES TRAVAUX

DE LA

SOCIÉTÉ

DES

INGÉNIEURS CIVILS

DE FRANCE

FONDÉE LE 4 MARS 1848

RECONNUE D'UTILITÉ PUBLIQUE PAR DÉCRET DU 22 DÉCEMBRE 1860

ANNÉE 1899

DEUXIÈME VOLUME

PARIS

HOTEL DE LA SOCIÉTÉ

19, RUE BLANCHE, 19

1899

La Société n'est pas solidaire des opinions émises par ses Membres dans les discussions, ni responsable des Notes ou Mémoires publiés dans le *Bulletin*.

MÉMOIRES

ET

COMPTE RENDU DES TRAVAUX

DE LA

SOCIÉTÉ DES INGÉNIEURS CIVILS DE FRANCE

BULLETIN

DE

JUILLET 1899

N° 7

Sommaire des Séances du mois de juillet 1899 :

1° *Assemblée générale de la Société des Ingénieurs et Architectes Suisses, à Winterthur, les 24 et 25 septembre* (Invitation de se faire représenter et nomination de délégués) (Séance du 21 juillet), page 15;

2° *Bureaux et Bibliothèque de la Société seront ouverts pendant les vacances, de 9 h. à midi et de 1 h. 1/2 à 5 heures* (Séance du 21 juillet), page 15;

3° *Concours des Poids Lourds en 1898 et Concours des Fiacres automobiles en 1899*, par M. G. Forestier, Inspecteur Général des Ponts et Chaussées (Séance du 21 juillet), page 17;

4° *Congrès International de surveillance et de sécurité en matière d'appareils à vapeur, en 1900, à Paris* (Séance du 7 juillet), page 9;

5° *Coupons de l'Emprunt de la Société restant dus* (Avis relatif aux) (Séance du 21 juillet), page 15;

6° *Décès* de MM. C.-J.-P. de Cuadra, Delorme, Leprêtre, Maegherman et Ch. Vincent (Séance du 21 juillet), page 14;

7° *Décorations* (Séance du 21 juillet), page 14;

8° *Don* de M. Carcuac, des coupons échus et à échoir sur son obligation de l'Emprunt de la Société (Séance du 21 juillet), page 15;

163400

9° *Exposition de 1900 :*
Nomination de M. Bel, comme Membre du Comité d'installation de la classe 114 (Séance du 21 juillet), page 14 ;

10° *Marine marchande* (La), par M. J. Fleury (Séance du 7 juillet), page 11 ;

11° *Médaille de vermeil de la Société d'Encouragement pour l'Industrie Nationale, décernée à M. Canovetti* (Séance du 21 juillet), page 14 ;

12° *Métal Déployé* (Le), par M. P. Chalon, et invitation de visiter l'usine de la Compagnie du Métal Déployé, à Saint-Denis (Séance du 7 juillet), pages 9 et 11 ;

13° *Nomination de M. Bidou comme conseiller du Commerce extérieur de la France* (Séance du 21 juillet), page 14 ;

14° *Prix d'Encouragement de 500 f de l'Académie des Lincei de Rome, décerné à M. Canovetti* (Séance du 21 juillet), page 14 ;

15° *Rôle de l'Ingénieur dans les œuvres d'architecture*, par M. L. Benouville (Séance du 21 juillet), page 15 ;

16° *Sténographie de la communication de M. J. Fleury, sur la Marine marchande* (Demande de) (Séance du 7 juillet), page 8 ;

17° *Visites diverses faites par la Société :*
1° *Aux chantiers de l'Exposition de 1900 ;*
2° *A l'Exposition d'automobiles ;*
3° *Au Parc agricole d'Achères* (Séance du 7 juillet), page 9 ;

18° *Voyage de M. Marcel Delmas aux États-Unis, où il se met à la disposition des Membres de la Société* (Séance du 7 juillet), page 9 ;

Mémoires contenus dans le Bulletin de juillet :

19° *Le Métal Déployé, fabrication et emplois*, par M. P. Chalon, page 20 ;

20° *Modifications à apporter à la législation française en ce qui touche la propriété industrielle et le rôle de l'Association Française pour la protection de la propriété industrielle*, par Me Pouillet, page 49 ;

21° *La Marine marchande*, par M. J. Fleury, page 69 ;

22° *Chronique* n° 235, par M. A. Mallet, page 102 ;

23° *Comptes rendus*, — page 115 ;

24° *Informations techniques*, — page 124 ;

25° *Bibliographie :*
Traité de la construction, de la conduite et de l'entretien des voitures automobiles, publié sous la direction de M. Ch. Vigreux, par MM. Ch. Milandre et R.-P. Bouquet. IIIe volume, Voitures à pétrole. IVe volume, Voitures électriques, par M. R. Soreau, page 146 ;

26° *Planche* n° 218.

Pendant le mois de Juillet, la Société a reçu :

Agriculture.

RONNA (A.). — *L'agriculture et les cours d'eau*, par A. Ronna (Articles publiés dans le Journal d'Agriculture pratique du 26 septembre 1895 au 2 juin 1898) (grand in-8° de 55 p.). Paris, Librairie agricole de la Maison rustique (Don de l'auteur, M. de la S.). 39082

Ville de Paris. Assainissement de la Seine. Mise en service de l'Émissaire général des eaux d'égout et des champs d'épuration de la Ville de Paris. Inauguration du 8 juillet 1899. Notice (in-8° de 39 p.). Paris, L. Courtier, 1899 (Don de M. Launay). 39095

Visite de la Société des Ingénieurs Civils de France au Parc agricole d'Achères, le dimanche 2 juillet 1899 (7 photographies collées sur un carton f^t^ 600×810) (Don de M. L.-E. Gaumont. M. de la S.). 39064

Astronomie et Météorologie.

Jahrbücher der K. K. Central-Anstalt für Meteorologie und Erdmagnetismus. Officielle Publication. Jahrgang 1895. Neue Folge XXXII Band. — Jahrgang 1896. Neue Folge XXXIII Band. — Jahrgang 1898. Neue Folge XXXV Band (3 vol. p^t^ in-4°). Wien, Wilhelm Braumüller, 1898 et 1899. 39098 à 39101

Chemins de fer.

Documents sur les Chemins de fer du Sud de l'Autriche 1857-1867 (11 atlas f^t^ 480 × 710) (Manquent les textes correspondant à ces atlas) (Don de M. P. Regnard, M. de la S.). 39084 à 39094

SAUVAGE (ED.). — *La machine locomotive. Manuel pratique donnant la description des organes et du fonctionnement de la locomotive, à l'usage des mécaniciens et des chauffeurs*, par Édouard Sauvage (p^t^ in-8° de 384 p. avec 324 fig.). Paris, Ch. Béranger, 1899, 3^e^ édition (Don de l'éditeur, M. de la S.). 39079

Construction des machines.

Considérations générales sur le filetage, et tableaux servant à déterminer pratiquement le train d'engrenages pour réaliser un pas de vis quelconque, par l'Association générale des Élèves de Maistrance. Bulletin n° 13 (in-8° de 113 p.). Paris, E. Bernard et C^ie^, 1899 (Don de l'Éditeur). 39073

LA VALETTE (C^te^ DE). — *Carnet du chauffeur. Aide-mémoire de l'automobile*, par le comte de La Valette. 3^e^ année, 2^e^ édition (in-16 de 328 p.). Paris, Ribierre et fils, 1899 (Don de M. L. Périssé, M. de la S.). 39107

MORSIER (A. DE). — *Étude sur les régulateurs servo-moteurs et le compensateur pour régulateurs, système E. de Morsier*, par Aug. de Morsier (Extrait du Bulletin de la Classe d'Industrie et de Commerce. N° 15. Mai 1893) (in-8° de 15 p. avec 1 pl.). Genève, Aubert-Schuchardt, 1893 (Don de l'auteur, M. de la S.). 39104

MORSIER (A. DE). — *Le régulateur servo-moteur E. de Morsier, et son application au chemin de fer électrique du Mont Salève*, par Aug. de Morsier (Extrait du Bulletin de la Société Vaudoise des Ingénieurs et des Architectes) (in-8° de 8 p. avec 1 pl.). Lausanne, Georges Bridel et C^ie^, 1893 (Don de l'auteur, M. de la S.). 39105

VIGREUX (CH.), MILANDRE (CH.) ET BOUQUET (R.-P.). — *Traité de la construction, de la conduite et de l'entretien des voitures automobiles*, publié sous la direction de M. Ch. Vigreux, par Ch. Milandre et R.-P. Bouquet. *Quatrième volume. Voitures automobiles électriques* (in-16 de 268 p. avec 132 fig.). Paris, E. Bernard et C^ie^, 1899 (Don de l'Éditeur). 39060

Électricité.

BOS (CH.) ET LAFFARGUE (J.). — *La distribution d'énergie électrique en Allemagne*, par Ch. Bos et J. Laffargue (grand in-8° de VII-572 p. avec 203 fig.). Paris, Masson et C^ie^, 1899 (Don de M. J. Laffargue, M. de la S.). 39061

Économie politique et sociale.

Chambre de Commerce de Paris. Travaux de la Chambre de Commerce de Paris pendant l'année 1898 (in-8° de CXII-570 p. avec annexes). Paris, Librairies-Imprimeries réunies, 1899. 39108

Filature et Tissage.

SIMON (ÉD.). — *Note sur le Métier Millar*, par Édouard Simon (Extrait du Bulletin d'Avril 1899, de la Société d'Encouragement pour l'Industrie nationale) (p^t^ in-4° de 7 p. avec 17 fig.). Paris, Chamerot et Renouard, 1899 (Don de l'auteur, M. de la S.). 39083

Législation.

American Institute of Mining Engineers. Officers, Members, Rules, etc. August 1899 (in-8° de 84 p.), Philadelphia, Sherman and C°. 39103

Boston Society of Civil Engineers. Constitution and By-Laws and List of Members. June 1899 (in-8° de 47 p.). Boston, Alfred Mudge and Son, 1899. 39102

Loi concernant les responsabilités des accidents dont les ouvriers sont victimes dans leur travail. 9 avril 1898 (une feuille 650 × 430). Paris, A. Fayolle (Don de la Chambre syndicale des Mécaniciens, Chaudronniers et Fondeurs de Paris). 39075

Loi sur les accidents du travail. Règlements d'Administration publique. 28 février 1899 (une feuille 650 × 430). Paris, A. Fayolle (Don de la Chambre syndicale des Mécaniciens, Chaudronniers et Fondeurs de Paris). 39076

Médecine.

Association des Industriels de France contre les accidents du travail. Premiers soins en cas d'accidents avant l'arrivée du médecin (une feuille f^et 1 000 × 650). Paris, Chaix, 1899 (Don de l'Association des Industriels de France). 39065

Métallurgie.

GAGES (L.). — *Essai sur la théorie générale des aciers*, par L. Gages (Extrait de la Revue d'Artillerie. Octobre 1898, Février 1899) (in-8° de 91 p.). Paris, Ch. Béranger, 1899 (Don de l'éditeur, M. de la S.). 39115

Navigation.

DEISS (ED.). — *Anvers et la Belgique maritime*, par Édouard Deiss (in-18 de 328 p. avec 100 fig.). Paris, E. Bernard et C^ie, 1899 (Don de l'Éditeur). 39072

Ponts et Chaussées. Service hydrométrique du bassin de l'Adour. Observations sur les cours d'eau et la pluie centralisées pendant l'année 1896, par MM. Belleville et Massenet, sous la direction de M. Eyriaud-Desvergnes (4 feuilles f^et 450 × 280). Paris, A. Dencède. 39058

Ponts et Chaussées. Service hydrométrique du bassin de l'Adour. Résumé des observations centralisées pendant l'année 1896, par MM. Belleville et Massenet, sous la direction de M. Eyriaud-Desvergnes (grand in-8° de 37 p.). Pau, Garet, 1898. 39059

TIMONOFF (V.-E. DE). — *VII^e Congrès international de navigation, Bruxelles, 1898. Troisième section. Rivière à marée et canaux maritimes. Quatrième question. Dragages. Rapport général présenté à l'assemblée plénière*, par M. de Timonoff (in-8° de 14 p.). Bruxelles, P. Weissenbruck, 1899 (Don de l'auteur, M. de la S.). 39108

Sciences morales.

Mémoires de l'Académie des Sciences, Belles-Lettres et Arts de Clermont-Ferrand. Deuxième série. Fascicules 7, 10 et 11 (3 volumes in-8°). Clermont-Ferrand, Louis Bellet, 1894, 1897. 39109 à 39111

Technologie générale.

American Society of Civil Engineers. June 1899. Transactions. Vol. XLI (in-8° de VI-649-IX p. avec 11 pl.). New-York, Published by the Society, 1899. 39114

Anales de Ingenieria. Indices de los diez primeros tomos, complemento de la premera serie del periodico. Organo de la Sociedad Colombiana de Ingenieros (in-8° de 82 p.). Bogota, Medardo Rivas, 1899. 39074

Anales de la Asociacion de Ingenieros y Arquitectos de México. Tomo VII (in-8° de 351 p.). México. Oficina Tip. de la Secretaria de Fomento, 1899. 39112

Atti della R. Accademia dei Lincei. Anno CCXCVI, 1899. Rendiconto dell' adunanza solenne del 4 Giugno 1899 onorata della presenza delle L. L. M. M. Il Re e La Regina (in-4° p. 397 à 454). **Roma**, Tipografia della R. Accademia dei Lincei, 1899. 39116

Exposition universelle de 1900. Société des Ingénieurs Civils de France. Visite aux chantiers de l'Exposition, le 29 juin 1899, sous la direction de MM. de Nansouty et A. da Cunha (grand in-8° de 8 p.). Illustrations de M. A. Sauvert. 39073

Ministère de l'Instruction Publique et des Beaux-Arts. Programme du Congrès des Sociétés savantes à la Sorbonne en 1900 (grand in-8° de 14 p.). Paris, Imprimerie Nationale, Juin 1899. 39107

OPPERMANN (C.-A.). — *300 projets et propositions utiles*, par C.-A. Oppermann (in-8° de 312 p.). Paris, chez l'auteur, 1866 (Don de M. Jordan, M. de la S.). 39080

RIEDLER (A.). — *Die Technischen Hochschulen und ihre wissenschaftlichen Bestrebungen*. Rede zum Antritt des Rektorates der Königl. Technischen Hochschule zu Berlin, gehalten in der Aula am. 1 Juli 1899, von A. Riedler (grand in-8° de 17 p.), Berlin, H.-S. Hermann, 1899. 39101

TESTUD DE BEAUREGARD. — *Lettres-Causeries. N^os 1 à 591. 1^re année à 25^e année. 1868 à 1892* (4 vol. petit in-4°). Paris, Bureau des Lettres-Causeries (Don de l'auteur). 39068 à 39071

Visite de la Société des Ingénieurs Civils de France aux chantiers de l'Exposition de 1900 (2 photographies f^at 390 × 550 et 490 × 730). Paris, Union photographique française, 1899 (Don de l'Union photographique). 39066 et 39067

Travaux publics.

Annales des Ponts et Chaussées. 1^re Partie. Mémoires et documents. 7^e série, 9^e année, 1899, 1^er semestre. (in-8° de 394 p. avec 11 pl.). Paris, V^e Ch. Dunod, 1899. 39062

Annales des Ponts et Chaussées. Personnel (in-8° de 856 p.). Paris, Vve Ch. Dunod, 1899. 39077

Memoria presentada al Congreso de la Union, por el Secretario de Estado y del Despacho de Fomento, Colonización é Industria de la República Mexicana. Ingeniero Manuel Fernandez Leal. Corresponde á los años transcurridos de 1892 á 1896 (in-4° de VII-521 p. avec 26 photogravures). Mexico, Oficina Tip. de la Secretaria de Fomento, 1897. 39113

RIBERA (D.-J.-E.). — *Puentes de hierro economicos melles y faros sobre palizadas y pilotes metalicos*, por Don José Eugenio Ribera (in-8° de 264 p. avec atlas même format de 31 pl.). Madrid, Bailly Baillière e Hijos, 1897 (Don de l'auteur, M. de la S.). 39096 et 39097

Société des Conducteurs, Contrôleurs et Commis des Ponts et Chaussées et des Mines. Annuaire du Ministère des Travaux publics. Bulletin n° 7 (in-8° de 856 p.), Paris, Vve Ch. Dunod, 1899. 39078

Les Membres nouvellement admis pendant le mois de Juillet 1899, sont :

Comme Membres Sociétaires, MM. :

E.-E.-A. Brisac,	présenté par MM.	Dumont, Badois, Rouché.
A. Cartier.	—	Dupont, Evers, Le Magnen.
H.-M. Cottavoz,	—	Pirani, Tachard, d'Yochet.
A.-Ch.-P. Doniol.	—	Dumont, Badois, Bourdais.
J. Faure,	—	Courtin, Fayol, Pourcel.
E. Féraud,	—	Dupont, Evers, Le Magnen.
P.-M. Flicoteaux,	—	Brandon, Limousin, Ravel.
L. Fongaffié,	—	Dumont, Gain, L. Rey.
Ch.-M.-V.-J. Gabet,	—	Avisse, Bassères, Gatget.
M.-Ch.-A. Gouguet de Gibac,	—	Dumont, Canet, A. Neveu.
A.-Ch. Guerreau,	—	Deharme, Grosselin, Tixier.
M.-H. Kaltenbach,	—	du Bousquet, de Quatrefages de Breau, Schoeller.
L. Kamm,	—	Dumont, Canet, Léon Gérard.
J. de Laval,	—	Dumont, Baignères, Bisson.
L.-N. Lejeune.	—	Dumont, Chaigneau, Julien.
J.-M.-E. Lopès Dias,	—	Dumont, J. Avril, Bougenaux.
L.-M.-T. Lorieux,	—	Fayol, Pontzen, Richou.
F.-E. Mahoudeau.	—	Avisse, Gatget, Lombard.
E. Mailliard.	—	Dufay, Horsin Déon, Nativelle.
Ch.-C.-A. Marquet,	—	Dumont, Franck de Préaumont. Soreau.
F.-L.-Ch. Plouvier.	—	Dumont, Dubar, Duchesne. Lartigue.
H. Rabourdin,	—	Badois, S. Périssé, L. Périssé.
P.-F. Rault,	—	H. Guérin, F. Vallot, H. Vallot.

Comme Membres Associés, MM. :

C. Anné,	présenté par MM.	Mathieu, Panoux, Rahola Puignau.
Ch.-H. Bonnefond,	—	Carimantrand, Levi, Mallet.
A. de Mello Sampaïo,	—	Alvim, Teixeira Soares, de Dax.
Ch.-J.-A. Ziégler,	—	Dumont, Nillus, de Dax.
H.-A. Ziégler.	—	Dumont, Nillus, de Dax.

RÉSUMÉ

DES

PROCÈS-VERBAUX DES SÉANCES

DU MOIS DE JUILLET 1899

PROCÈS-VERBAL

DE LA

SÉANCE DU 7 JUILLET 1899

PRÉSIDENCE DE M. G. DUMONT, PRÉSIDENT.

La séance est ouverte à 8 heures trois quarts.

Le procès-verbal de la dernière séance est adopté.

M. LE PRÉSIDENT annonce qu'il a reçu une demande de sténographie pour la communication que va faire notre Collègue M. Fleury. Il a été impossible d'y faire droit car, d'après le règlement, les communications doivent paraître d'abord dans le Bulletin de la Société. M. Fleury pourra d'ailleurs donner l'autorisation de publier des extraits de sa communication.

M. J. FLEURY déclare qu'il n'était pas au courant de cette démarche et remercie M. le Président de ce qu'il vient de lui dire à ce sujet.

M. LE PRÉSIDENT dit que, depuis la dernière séance, la Société a participé à plusieurs visites fort intéressantes.

Le 29 juin, sous la conduite de nos Collègues, MM. Max de Nansouty et da Cunha, 260 Membres de la Société ont pris part à la visite des chantiers de l'Exposition de 1900. Cette visite s'est terminée par un déjeuner à la Tour Eiffel. Les visiteurs ont été photographiés dans le Grand Palais. Ceux des excursionnistes qui le désireraient pourront se procurer ce souvenir en s'adressant à l'Union Photographique Française, 60, rue du Château-d'Eau.

Les deux visites faites, le 24 et le 25 juin, à l'Exposition d'Automobiles, comptaient 150 Membres environ. Chacune des visites a été précédée de conférences sur les automobiles électriques et les automobiles à pétrole et d'autres systèmes.

Enfin la visite faite au champ d'épandage d'Achères a été non moins intéressante et non moins suivie que les précédentes.

Il a été également pris, pendant le cours de cette visite, une série de photographies dont on fait passer les projections dues à M. Gaumont sous les yeux de nos Collègues.

M. LE PRÉSIDENT informe ses Collègues qu'il a reçu avis que le *Congrès international de surveillance et de sécurité en matière d'appareils à vapeur* s'ouvrira à Paris le 16 juillet 1900. Un certain nombre de nos Collègues font partie de la Commission d'organisation. Tous les renseignements relatifs à ce Congrès se trouvent au Secrétariat.

M. LE PRÉSIDENT annonce que la Société a reçu, du 30 juin au 7 juillet, un certain nombre d'ouvrages dont la liste, suivant l'usage, sera insérée à la suite du procès-verbal.

M. LE PRÉSIDENT a reçu de notre Collègue M. Marcel Delmas, une lettre lui donnant avis qu'il se met à la disposition des Membres de la Société pour un voyage qu'il doit faire prochainement aux États-Unis. M. le Président a demandé à M. Marcel Delmas de réunir pour la Société des renseignements sur les tramways électriques aux États-Unis et sur d'autres questions intéressant l'électricité.

Il invite M. Charles Roux, ancien député, Directeur de l'Exposition des Colonies en 1900, venu pour entendre la communication de notre Collègue M. Fleury, à prendre place au Bureau.

L'ordre du jour appelle la communication de M. P CHALON pour sa communication sur le *Métal Déployé*.

M. P. CHALON dit que le Métal Déployé est un treillis métallique fabriqué automatiquement par une machine d'invention américaine, due à M. John French Golding.

L'industrie du Métal Déployé a été introduite en France en 1898; elle s'est très rapidement développée et aujourd'hui l'usine de Saint-Denis, où l'on a déjà installé six machines Golding, suffit à peine aux besoins de la clientèle française.

M. Chalon examine successivement la fabrication et les emplois du Métal Déployé.

1° Fabrication. — La machine Golding travaille par cycles de six temps qui se reproduisent périodiquement, et débite un treillis à mailles uniformes, sans nœuds ni soudures; ce sont des couteaux dentés qui découpent et repoussent en même temps des bandes de tôle le long d'un couteau fixe à tranchant rectiligne. Chaque mouvement de descente du couteau mobile à dents forme une rangée de demi-losanges qui, par superposition, constituent des mailles fermées et un treillis.

La machine pèse 28 400 *kg* et absorbe de 5 à 8 *ch* selon l'épaisseur des tôles qu'elle attaque. Elle bat de 40 à 90 coups par minute et débite par heure de 27 à 180 *m* de longueur ou de 65 à 470 *m* superficiels de treillis en Métal Déployé.

Le treillis est livré au commerce en bandes mesurant 2,44 *m* sur 0,82 *m*, soit exactement 2 m^2.

Suivant la dimension des mailles, 1 *m* de tôle pleine développe de 2,75 *m* à 17 *m* de treillis ou *lattis*, ce nom de *lattis* étant réservé aux treillis à petites mailles.

L'examen chimique des tôles qui ont donné toute satisfaction à l'usine de Saint-Denis, décèle la composition de l'acier qui répond le mieux aux diverses exigences du travail. On trouve ainsi que la teneur en carbone doit se rapprocher des teneurs minima que l'on peut pratiquement réaliser dans les aciéries, que celle du manganèse doit être voisine de 0,70 0/0, tandis que celles du soufre, du phosphore et du silicium doivent être aussi faibles que possible.

Les essais de résistance à la traction indiquent que ces tôles peuvent supporter un allongement de 25 ou 26 0/0, avec une résistance à la rupture de 35 à 40 *kg* par millimètre carré, pour des épaisseurs de 3 à 4 *mm*. Or, l'allongement maximum demandé par la machine Golding ne dépasse pas 7,20 0/0.

Bref, les divers essais exécutés au laboratoire métallurgique de M. Campredon montrent que les tôles propres à la fabrication du métal déployé doivent provenir de lingots d'acier très doux et aussi pur que possible, et préparés au four basique Martin-Siemens ou Bessemer basique.

Ces lingots ne doivent être passés au laminoir que s'ils sont irréprochables, sans soufflures, criques, pailles, etc. Les tôles mêmes provenant de ces lingots doivent être choisies avec soin; et enfin celles qui sont destinées à la fabrication des lattis exigent encore une préparation particulière.

2° *Applications.* — Le Métal Déployé s'applique à tous les cas où l'on doit faire usage de treillages, tôles perforées, grilles, etc. Avec le cuivre on fabrique des objets mobiliers et même artistiques. Mais sa principale application est son usage dans la construction des bâtiments, des édifices légers, pour planchers, plafonds et cloisons.

Pour les planchers, on emploie le béton armé avec métal déployé dont la résistance est à peu près deux fois celle du ciment armé avec des fers ronds.

Un barème spécialement établi pour ce cas comporte la surcharge au mètre superficiel, l'écartement des poutrelles, l'épaisseur des hourdis, le type de Métal Déployé qu'il convient de préférer et enfin la charge totale par mètre courant de poutrelles.

Le plancher est simple ou bien forme plafond.

Une disposition spéciale et très ingénieuse a été préconisée par M. Golding pour les planchers à grande portée, les réservoirs couverts, les ponts, les passerelles, etc.

Les plafonds et les cloisons sont également l'objet d'un procédé de construction spécial imaginé par M. Golding.

Toutes ces applications présentent des avantages particuliers que M. Chalon étudie aux points de vue de l'économie, de la solidité et de la légèreté, de l'hygiène, et enfin de la résistance au feu et à la propagation des incendies.

M. Chalon cite à ce propos les expériences faites dernièrement, à Londres, par la *British Fire Prevention Association*.

Ce sont ces multiples avantages qui ont incité quelques architectes et entrepreneurs de l'Exposition à faire usage du Métal Déployé, et M. Chalon, après avoir fait défiler sous les yeux des auditeurs une série de projections représentant des travaux exécutés en béton, plâtre et Métal Déployé, leur explique l'emploi de ce remarquable élément de travail dans les plafonds, cloisons, planchers, piliers, etc., du Palais des Mines et de la Métallurgie et du Palais des Fils et Tissus.

M. LE PRÉSIDENT remercie notre Collègue de la très intéressante communication qu'il vient de faire, sur une méthode de construction dont nos collègues ont vu l'application dans la dernière visite aux palais de l'Exposition.

M. CHALON annonce que la Société du Métal se tient à la disposition de ceux de nos Collègues qui désireraient visiter son usine de Saint-Denis. Il leur suffira de s'adresser au siège de la Société, 35, boulevard Haussmann, pour obtenir toutes facilités pour faire cette visite soit individuellement, soit collectivement.

M. LE PRÉSIDENT remercie M. Chalon de cette invitation qui sera mentionnée au procès-verbal.

La parole est à M. J. FLEURY, pour sa communication sur *la marine marchande*.

M. J. FLEURY se propose d'attirer l'attention de la Société sur le rôle que doit remplir la *marine marchande*, sur les causes de la crise qu'elle subit en ce moment en France, et sur les moyens les plus propres, selon lui, à y porter remède.

Par marine marchande, il faut entendre le matériel qu'emploie l'armement, c'est-à-dire l'industrie des transports par mer. Il faut donc en éliminer les navires qui se livrent à la pêche, les bateaux de plaisance et les yachts. Il faut aussi mettre à part les navires employés au cabotage, lesquels jouissant du monopole pour la navigation sur nos côtes et entre la France et l'Algérie, sont soustraits à la concurrence étrangère. Dans une certaine mesure aussi, les flottes des Compagnies subventionnées sont à l'abri de la concurrence. Elles ont un régime spécial.

Il ne s'agit donc ici que de la navigation employée sans subvention ni monopole, aux transports du commerce extérieur.

Les opérations du commerce extérieur dans le monde entier se chiffraient, en 1897, par 87 milliards de francs dont les trois quarts employaient la voie de mer. C'est donc au transport de ces marchandises, d'une valeur de 58 à 60 milliards, qu'est employée la marine marchande du monde.

Depuis que, dans tous les pays, ont été abolis les droits de tonnage, les surtaxes de pavillon et toutes les autres restrictions de ce genre, on est arrivé au régime de l'*assimilation des pavillons*, c'est-à-dire que les transports maritimes dans le monde entier, quelles qu'en soient l'origine et la destination, sont livrés à la libre concurrence de tous les pavillons, indistinctement ; et alors, en tous pays, le commerce s'adresse à ceux qui lui font les meilleures conditions de prix.

Le pavillon qui se trouve dans les conditions économiques les plus favorables à l'abaissement des prix sera donc celui qui prendra le plus d'importance. M. Fleury rappelle qu'il en a toujours été ainsi depuis l'origine de la civilisation. Il cite l'exemple de la suprématie de la marine marchande hollandaise au XVI^e^ et au XVII^e^ siècles, celle des villes Hanséatiques, dans les périodes suivantes. Il rappelle la prospérité de la marine marchande des États-Unis, qui a brusquement disparu quand le protectionnisme a prévalu dans la politique économique de la République américaine. Enfin, depuis 1849, date de l'abolition de l'acte de Navigation de Cromwell, la marine commerciale anglaise n'a cessé de grandir. Elle a aujourd'hui un effectif de vapeurs supérieur à celui de tous les autres pavillons réunis.

M. Fleury présente, sous forme de projections lumineuses, des graphiques résumant les faits statistiques qu'il invoque.

Le commerce extérieur de la France et le mouvement maritime de ses ports sont en décroissance; la part qu'y prennent les navires étrangers est de plus en plus grande : dès maintenant elle est de près des 2/3. Tandis que l'effectif en vapeurs de l'Allemagne s'augmentait en 10 ans de 55 °/₀, que celui des pays scandinaves faisait plus que doubler, que celui de l'Angleterre passait de 4 875 000 *t* en 1889 à 6 479 000 *t* en 1897, celui de la France passait dans la même période de 495 000 à 487.000. Si, de ces nombres, on retranche les tonnages des grandes Compagnies subventionnées, il reste bien peu de chose pour représenter la marine de concurrence libre. Pour les voiliers, au contraire, les autres marines les abandonnent de plus en plus (en Angleterre 2 467 000 *t* en 1889 et 2 040 000 *t* en 1897, soit une diminution de 17 °/₀; en Allemagne, 640 000 *t* en 1889 et 470 000 *t* en 1897; diminution : 26 °/₀); mais en France, l'effectif de voiliers est près d'avoir doublé (121 000 *t* en 1889 et 207 000 *t* en 1897; augmentation : 71 °/₀). En 1897, on a construit en France un seul vapeur de commerce au long cours, et deux au cabotage international; mais on a lancé 23 grands voiliers jaugeant de 2 000 à 3 000 *t*.

Cette situation inférieure dans l'ensemble, anormale quant à la proportion des voiliers et des vapeurs, est une conséquence de notre législation économique.

Les autres peuples maritimes ont des marines qui demandent des prix de fret moins élevés que la nôtre. C'est là la seule raison de notre infériorité. On a reconnu depuis longtemps que les causes du haut prix de nos frets étaient : 1° les charges que les règlements surannés et l'inscription maritime faisaient peser sur l'armement; 2° le haut prix des constructions de navires.

On a cru y remédier en France par l'allocation de primes à la navigation et à la construction.

Ce qui a été dit plus haut montre l'inefficacité de ce procédé, inefficacité sur laquelle tout le monde est d'accord. Quelques-uns parlent d'augmenter le taux des primes; mais ce serait aux dépens d'un budget déjà trop chargé.

Il semblerait préférable d'imiter ce qui a si bien réussi en Allemagne : accorder la franchise à tous les matériaux et objets entrant dans la cons-

truction et l'armement des navires de mer; laisser à l'industrie de l'armement les mêmes latitudes qu'aux autres industries. C'est là le secret de la prospérité et du développement de la marine allemande. Il est urgent, en tous cas, de prendre des mesures qui empêchent la disparition de la marine marchande française. En promenant son pavillon sur toutes les mers, elle porte au loin le souvenir de la patrie, et bien des peuples jugent de notre grandeur par la prospérité de notre marine.

En terminant, M. Fleury s'excuse sur le peu de temps dont il a pu disposer, pour avoir omis de faire passer sous les yeux de la Société quelques projections dont la vue aurait pu provoquer d'intéressantes observations.

M. le Président remercie très vivement M. Fleury de l'intéressante communication qu'il vient de faire, et regrette comme lui que l'heure avancée ne lui ait pas permis de développer plus complètement cette communication, qu'il a faite avec la grande compétence qu'il a dans ces questions; aussi il le prie de bien vouloir étendre son sujet pour le Bulletin, afin de ne pas priver nos Collègues d'une lecture qu'ils seront heureux de faire.

Il est donné lecture en première présentation des demandes d'admission de MM. A.-Ch.-P. Doniol, P.-M. Flicoteaux, M. Ch.-A.-Gouguet de Girac, L.-N. Lejeune, J.-M.-E. Lopès-Dias, F.-E. Mahoudeau et F.-L.-Ch. Plouvier, comme Membres sociétaires, et de :

MM. de Mello Sampaio, Ch.-J.-A. Ziégler et H.-A. Ziégler, comme Membres associés.

MM. E.-E.-A. Brisac, A. Cartier, H.-M. Cottavoz, J. Faure, E. Féraud, L. Fongaffié, Ch.-M.-V.-J. Gabet, A.-Ch. Guerreau, M. H. Kaltenbach, L. Kamm, J. de Laval, L.-M.-Th. Lorieux, Ed. Mailliard, Ch.-A.-C. Marquet, H. Rabourdin et P.-F. Rault sont reçus Membres sociétaires et :

MM. C. Anné et Ch.-H. Bonnefond, Membres associés.

La séance est levée à 11 heures et demie.

Le Secrétaire,
Georges Courtois.

PROCÈS-VERBAL

DE LA

SÉANCE DU 21 JUILLET 1899

PRÉSIDENCE DE M. G. DUMONT, PRÉSIDENT.

La séance est ouverte à 8 heures trois quarts.

M. l'Inspecteur général Forestier, Membre honoraire de la Société, sur l'invitation de M. le Président, prend place au bureau.

Le procès-verbal de la dernière séance est adopté.

M. LE PRÉSIDENT a le très grand regret d'annoncer les décès de:

M. C.-J.-P. de Cuadra, Membre de la Société depuis 1889, Ancien Élève de l'Ecole Centrale (1876), Ingénieur et Industriel.

M. Delorme, Membre de la Société depuis 1881, Directeur de sucrerie en Portugal.

M. Leprêtre, Membre de la Société depuis 1882, Ancien Élève de l'Ecole Polytechnique (1875), Administrateur délégué de la Société des Lièges de la Petite-Kabylie.

M. Maegherman, Membre de la Société depuis 1872, a été Directeur général des chemins de fer Andalous.

M. Ch. Vincent, Membre de la Société depuis 1876, Ancien Élève de l'École des Arts et Métiers de Châlons (1833), a été manufacturier à Senones, Président de la Chambre de Commerce des Vosges et de la Société Industrielle de l'Est, Chevalier de la Légion d'honneur.

M. LE PRÉSIDENT a le plaisir de faire connaître les décorations suivantes:

Chevaliers de la Légion d'honneur : MM. E. Blaise, J.-B. Chaussegros, O.-A. Darracq, E.-P.-J. Niclausse;

Officier de l'Instruction publique : M. J. Bergeron;

Officiers d'Académie : MM. A.-A. Bécard, G. Leroux, H. Riché, J.-P. Ferrière;

Officier du Mérite agricole : M. G. Lefebvre-Albaret;

Chevalier du Mérite agricole : MM. A.-L.-F. Lotz, H.-J.-J. Murat.

M. J.-P. Ferrière, ancien Ingénieur en chef du chemin de fer de Sfax à Gafsa a été nommé Commandeur du Nicham-Iftikar.

M. LE PRÉSIDENT envoie les félicitations de la Société à tous ces nouveaux promus, il enregistre également les nominations suivantes:

M. M. Bel a été nommé membre du Comité d'installation de la classe 114 à l'Exposition de 1900.

M. Canovetti a obtenu une médaille de vermeil de la Société d'Encouragement pour l'industrie nationale et un prix d'encouragement de 500 francs de l'Académie des Lincei de Rome;

M. Bidou a été nommé conseiller du commerce extérieur de la France.

M. LE PRÉSIDENT dit que plusieurs de nos Collègues, propriétaires d'obligations de l'Emprunt de la Société, n'ayant pas encore fait présenter à la caisse les coupons échus, une circulaire leur a été adressée pour les inviter à faire toucher le montant des intérêts qui leur sont dus afin de permettre de liquider le compte des intérêts de l'emprunt.

M. LE PRÉSIDENT est heureux d'annoncer que, comme suite à l'envoi de cette circulaire, l'un de nos Collègues, M. A. Carcuac, a déclaré faire abandon à la Société des coupons échus et à échoir sur l'obligation qu'il possède, et dont le montant sera versé au Fonds de secours.

M. LE PRÉSIDENT adresse au nom de la Société, ses remerciements à M. Carcuac.

M. LE PRÉSIDENT annonce que la Société a reçu du 7 au 21 juillet un certain nombre d'ouvrages dont la liste est donnée à la suite du procès-verbal.

M. LE PRÉSIDENT fait connaître que la Société a été invitée par la Société des Ingénieurs et Architectes Suisses à se faire représenter à l'assemblée générale qu'elle doit tenir à Winterthur les 24 et 25 septembre. Le Comité a désigné MM. A. Mallet et H. Paur; il fera également son possible pour se joindre à la délégation.

M. LE PRÉSIDENT donne avis que, suivant l'usage, les Bureaux et la Bibliothèque seront ouverts, pendant les vacances, de 9 heures à midi et de 1 heure et demie à 5 heures.

L'ordre du jour appelle la communication de M. L. Benouville sur *le Rôle de l'Ingénieur dans les œuvres d'architecture*.

M. L. BENOUVILLE a fait ressortir que le rôle de l'Ingénieur dans les œuvres d'architecture est très délicat, mais n'est pas ce qu'il doit être, car on l'appelle souvent en dernier, au moment où les plans sont faits et qu'il faut loger une foule de services dans une construction existante.

Or, le rôle de l'Ingénieur dans l'architecture française a été considérable : l'Ingénieur, doit concevoir un édifice comme il conçoit une machine, en s'inspirant des services que doit rendre cet édifice, en tirant la forme des nécessités de la construction, en utilisant la matière, comme dans une machine, proportionnellement à la résistance qu'on détermine par le calcul. L'Ingénieur fait de l'art lorsqu'il compose une machine, car il arrive souvent à obtenir l'harmonie de la forme avec la fonction.

Les architectes français du moyen âge étaient des artistes et des ingénieurs parce qu'ils pouvaient déterminer la raison d'être du dernier fleuron d'un édifice qu'ils construisaient et qu'ils obtenaient le maximum de résistance avec le moins de matériaux possible.

M. Benouville, à l'appui de sa thèse, fait passer sous les yeux une très intéressante série de photographies et de diagrammes de stabilité des principaux monuments de l'architecture française :

Notre-Dame de Paris dont les contreforts et les voûtes sont disposés avec la plus grande légèreté;

L'abside de la cathédrale de Beauvais que Viollet-le-Duc appelait le

Parthénon de l'art français dont la clef de voûte est à 46 *m* au-dessus du dallage de l'église. Il y a dans l'ensemble des détails de la construction une ingéniosité merveilleuse, c'est une machine composée de main de maitre. Les architectes du XIII^e^ siècle avaient prévu dans la construction une rotule en plomb qu'on laissait écraser quand la voûte avait pris sa charge, etc., etc.

L'église Saint-Urbain. de Troyes, œuvre remarquable par sa légèreté et ses merveilleuses combinaisons ;

Les églises de Saint-Julien-le-Pauvre et de Jouy-le-Moustier ;

L'église de Louviers, œuvre conçue avec esprit de méthode et développée et exécutée d'une façon très artistique ;

Le portail de la cathédrale de Reims ;

Une des portes de la forteresse de Carcassonne, on y voit qu'au contraire des églises les constructeurs ont cherché à réaliser les plus grandes masses de matériaux afin de résister à la sape ;

La flèche de la cathédrale de Coutances, le clocher de la cathédrale de Laon ;

A la Renaissance : l'escalier, les lucarnes, les cheminées du château de Blois ; le château de Saint-Germain, etc., etc.

M. Benouville fait ressortir que toutes ces œuvres sont composées de façon rationnelle et qu'elles montrent jusqu'à l'évidence que les architectes-ingénieurs du passé se sont attachés à établir une grande harmonie entre la forme de l'objet et la fonction qu'il a à remplir.

Il ne faut pas croire non plus que ces constructeurs ignoraient les lois de l'hygiène ; on en trouve la preuve dans la façon dont sont disposés les cabinets d'aisances, les citernes avec bassin de décantation, les hôpitaux mêmes comme le montre l'hospice de Beaune qui subsiste encore.

Au contraire de ce que font les architectes modernes s'appliquant à dissimuler soigneusement les besoins, il faut dans la saine architecture que chaque élément de la construction jouant un rôle, comme le fait une pièce de mécanisme, concoure à rendre un édifice beau.

Ne mettre dans les constructions que les éléments nécessaires à la résistance, aux besoins, au bien-être, sans se préoccuper de la forme et du style, devrait être la devise de l'architecte ; ce sera le rôle de l'Ingénieur dans les œuvres d'architecture d'appliquer ces méthodes rationnelles de travail ; cette façon de faire ne nuira en aucune façon à la beauté de l'œuvre, au contraire, comme l'ont montré les exemples des œuvres grandioses du moyen âge et de la Renaissance.

M. LE PRÉSIDENT, remercie M. Benouville de son intéressant exposé et il résume les excellents préceptes que vient de développer notre Collègue en disant que les motifs de décoration d'une construction vraiment bien étudiée doivent se trouver dans la mise en évidence des diverses parties essentielles de la construction. En un mot le monument sera bien décoré si le constructeur a eu le soin de faire comprendre au public l'utilité de toutes les parties de son œuvre.

M. BENOUVILLE, dit qu'à l'appui de cette thèse il pourrait citer des exemples frappants : certaines gares de chemins de fer sont belles par

leur simplicité et leur distinction, tandis que d'autres ne le sont pas par suite de la surcharge des ornementations.

M. le Président, après avoir renouvelé ses remerciements à M. Benouville, est heureux de donner la parole à M. Forestier, Inspecteur général des Ponts et Chaussées, Membre honoraire de notre Société, qui veut bien chaque année nous donner la primeur des résultats des concours organisés, à Paris, par l'Automobile-Club de France sur les automobiles.

M. G. Forestier, indique qu'il va faire connaître à la Société les résultats du *Concours des Poids Lourds de 1898* et ceux plus récents du *Concours des Fiacres de 1899*. Ces concours lui permettront de passer en revue les applications de toutes les espèces de moteurs à l'automobilisme industriel, laissant de côté l'automobilisme de plaisir ou de sport pour lequel la dépense n'est rien et la vitesse est tout.

Les voitures de course arrivent, en effet, à réaliser des vitesses surprenantes et dans la course du Tour de France qui a lieu actuellement on a vu un des plus hardis concurrents tenir tête un temps assez long à l'express de Paris à Nancy.

L'automobilisme économique qui ne vise qu'à des résultats industriels profite des progrès réalisés par les voitures de vitesse, et ceci se constate aisément en comparant les chiffres des concours successifs.

Concours des Poids Lourds de 1898. — Les véhicules à vapeur étaient intéressants surtout par leur mode de chauffage. On avait, en présence, les véhicules de Dion-Bouton chauffés au coke, l'omnibus Serpollet, chauffé aux huiles lourdes de gaz, enfin, un petit break anglais chauffé à l'essence du commerce.

Les véhicules munis de moteurs à mélange tonnant n'étaient pas moins intéressants ; on retrouvait, en 1898, les deux concurrents de l'année précédente : la Société Panhard et Levassor qui faisait concourir une voiture de livraison à peu près analogue comme données à leur omnibus de l'année précédente, et MM. de Dietrich et Cie avec un camion muni, comme en 1897, d'un moteur système A. Bollée.

Un troisième véhicule construit par MM. Roser-Mazurier était muni d'un moteur tonnant à trois cylindres compound qui a donné des résultats très économiques. Il est regrettable que l'avant-dernier jour du concours un accident dû à la direction soit venu le mettre hors service.

En ce qui concerne les vitesses, les chiffres relevés ont permis de calculer la vitesse moyenne générale d'où l'on a déduit la vitesse commerciale en tenant compte des arrêts qu'un service commercial public sera tenu de faire en cours de route pour déposer ou prendre les voyageurs et les messageries.

A côté de la vitesse moyenne, M. Forestier donne d'utiles indications sur les vitesses en palier, en pente moyenne, en rampe ordinaire et en rampe exceptionnelle qui font ressortir les mérites respectifs de chaque système.

La vitesse moyenne a varié de 10,4 *km* à 17 *km* à l'heure, ce qui correspond à une vitesse commerciale de 9,5 *km* à 14,5 *km* à l'heure.

En palier, la vitesse a atteint 19,8 *km* avec la voiture Panhard-Levassor ; en pente moyenne, 18,1 *km*, omnibus de Dion-Bouton ; en rampe moyenne, la vitesse a varié de 5,6 *km* (omnibus Roser-Mazurier) à 16,4 *km* (omnibus de Dion-Bouton), enfin, en rampe exceptionnelle, les véhicules de Dion-Bouton et Panhard-Levassor ont donné 14,20 *km* et 14,5 *km*.

L'économie des transports de poids lourds se révèle par les calculs de prix de revient qui ont donné les résultats suivants :

Pour les véhicules à voyageurs, le prix de revient de la tonne-kilomètre s'établit ainsi qu'il suit :

	Vapeur. 1/3 de charge.	2/3 de charge.	Charge entière.
Omnibus et Pauline de Dion.	0,05 et 0,04 *f*	0,022 et 0,025 *f*	0,015 *f*
Break Leyland.	0,134	0,073	0,049
Omnibus Serpollet	0,107	0,058	0,040
	Mélange tonnant.		
Voiture de livraison Panhard	0,122	0,064	0,045
Camion de Dietrich.	0,106	0,045	0,034
Omnibus Roser-Mazurier . .	0,105	0,052	0,037

Le prix de revient de l'omnibus Serpollet chauffé aux huiles lourdes serait abaissé à 0,089 *f*, 0,047 *f* et 0,0033 *f*, si le combustible coûtait 0,15 *f* le litre, prix normal.

En ce qui concerne les véhicules à marchandises, le prix de revient varie :

Pour la vapeur, de 0,373 *f* à 0,140 *f*, suivant la charge.

Pour le mélange tonnant, de 0,673 *f* à 0,268 *f*, suivant la charge.

Concours des fiacres de 1899. — Ce concours comprenait des voitures de place et des voitures de livraison. Les concurrents ont été les suivants :

Électriques. — Coupé Jenatzy à 2 places. . . . . Poids 1 760 *kg*
Cab Jeantaud à 2 places. . . . . — 1 470 —
Victoria — à 2 places. . . . . — 1 580 —
Milord — à 2 places. . . . . — 1 450 —
Drojsky — à 2 places. . . . . — 1 164 —
Victoria Kriéger à 4 places. . . . . — 1 700 —
Voit. de livr. Jenatzy. Ch. utile 1 500 *kg*. Poids 6 500 —
— Mildé. — 750 *kg*. — 3 300 —

Moteur tonnant. Coupé Panhard et Levassor à 2 places. — 1 300 —
Voit. de livr. — Ch. utile 300 *kg*. — 2 170 —

Les résultats ont montré la grande supériorité des voitures électriques sur les voitures à moteurs tonnants au point de vue de l'économie.

En ce qui concerne les vitesses, les moyennes ont été :

Pour les voitures électriques . . . . 12,3 à 17,09 *km* à l'heure.
— à mélange tonnant. 16,4 à 19 *km* —

La vitesse en palier a été de 20 *km* environ pour les fiacres et de 14 à 18 *km* à l'heure pour les voitures de livraison.

Les essais de consommation par voiture-kilomètre qui ont eu lieu sur une route en palier, ont donné les résultats suivants pour les véhicules électriques :

	Watts-heure.			
Coupé Jenatzy.	102,8 à 136,4	vitesse variant de	13 à 25 *km*	à l'heure.
Cab Jeantaud.	112,4 à 126,4	—	15,8 à 20	—
Victoria — .	108 à 135,9	—	9,2 à 24	—
Milord — .	94,2 à 159	—	10 à 24	—
Drojsky — .	114	—	17 à 26	—
Vict. Kriéger.	111,5 à 151	—	8,9 à 23,6	—
Voiture de livr. Jenatzy . . .	260 à 381	—	10,2 à 23,3	—
Voiture de livr. Mildé. . . .	197 à 228	—	7,4 à 21,2	—

Les consommations d'essence des véhicules à moteur tournant (Société Panhard et Levassor), ont été de 0,127 *l* pour le coupé et 0,103 *l* pour la voiture de livraison.

M. le Président, se fait l'interprète de la Société en priant M. Forestier d'agréer ses sincères remerciements pour sa communication ainsi que ses félicitations pour le dévouement qu'il apporte à la question si intéressante de l'automobilisme.

M. le Président, en clôturant la première session, souhaite à ses Collègues de bonnes vacances et leur donne rendez-vous au 6 octobre, date de la reprise des séances.

Il est donné lecture, en première présentation, des demandes d'admission de MM. F. Cany, G. Lambiotte, H. H. Suplee, E. Alluchon, P.-L. Barbier comme Membres sociétaires.

MM. A.-Ch.-P. Doniol. P.-M. Flicoteaux, M.-Ch.-A. Gouguet de Girac, L.-M. Lejeune, J.-M.-E. Lopes-Dias, F.-E. Mahoudeau, F.-L.-C. Plouvier, sont reçus Membres Sociétaires et MM. F.-A. de Mello Sampato, C.-J.-A. Ziégler, H.-A. Ziégler sont reçus Membres associés.

La séance est levée à 11 heures.

Le Secrétaire,
Lucien Pémssé.

LE MÉTAL DÉPLOYÉ

TABLE DES MATIÈRES

I. **Définition du Métal Déployé** 21

II. **Description de la machine Golding** 22

III. **Décomposition du travail de la machine Golding et exécution du treillis** 27

V. **Qualités des tôles propres à la fabrication du Métal Déployé** 31

1° Composition chimique. 32
2° Essais de résistance à la traction. 33
3° Essais de pliage. 34
4° Déductions pratiques résultant des analyses, des essais de laboratoire et du travail à la machine Golding. 34

V. **Applications du Métal Déployé.** 35

1° Dallages et planchers simples. 36

a) Tableau des emplois du Métal Déployé pour dallages et planchers en béton armé 38
b) Mode de construction d'un dallage 39

2° Planchers formant plafonds 41
3° Planchers à grande portée 41
4° Construction de réservoirs couverts. 42
5° Plafonds 43
6° Cloisons 43

a) Cloisons simples 43
b) Cloisons doubles 44

VI. **Avantages du Métal Déployé dans la construction** 44

1° Économie et solidité. 45
2° Propriétés hygiéniques 45
3° Résistance au feu 46

VII. **Utilisation du Métal Déployé pour la construction de divers palais à l'Exposition universelle de 1900** 47

LE MÉTAL DÉPLOYÉ

FABRICATION ET EMPLOIS

PAR

M. P. CHALON *

I

Définition du Métal Déployé.

La fabrication du *Métal Déployé* est une industrie d'origine américaine. Elle a été introduite en France en 1898 et, en quelques mois de temps, sous l'impulsion d'une habile direction, elle s'est développée dans des proportions extraordinaires.

La première machine fut installée au mois de juin 1898, à l'usine de Saint-Denis; aujourd'hui, six machines fabriquent le *Métal Déployé* et ne suffisent pas à satisfaire aux demandes de la clientèle française.

Ce rare succès est justifié par le mérite de l'invention et par les applications, pour ainsi dire illimitées, auxquelles se prête le remarquable produit qui a reçu le nom de *Métal Déployé*.

Au premier abord, cette appellation peut paraître quelque peu bizarre; elle est justifiée par le mode de travail de la machine qui découpe, dans une tôle, des lanières qu'elle développe ou déploie ensuite en losanges formant un treillis uniforme, sans solution de continuité, avec des filets sensiblement relevés.

Tel est le principe de la machine créée par un ancien journaliste de Chicago, M. John French Golding.

M. Golding avait d'abord imaginé un système assez ingénieux de fabrication mécanique de treillage; le métal était découpé en lanières qu'on repliait ensuite de manière à former des mailles fermées. Ce procédé, malgré ses avantages, présentait quelques inconvénients assez sérieux; le pliage diminuait la longueur des tôles mises en œuvre, et le travail ne pouvait s'appliquer qu'à des feuilles de cuivre ou à des tôles d'acier de faible épaisseur.

En somme, le métal était simplement découpé et les filets des mailles repliés et juxtaposés aux jonctions, de sorte que le produit obtenu présentait peu de rigidité.

Cependant, même sous cette forme, le treillage Golding obtint un grand succès, car il remplaçait avantageusement le treillis en fils de fer noués à la main, qu'on employait alors exclusivement pour la fabrication du béton et du ciment armés.

C'est en perfectionnant sa première machine et en y apportant des améliorations et modifications successives, que M. Golding est arrivé au modèle actuel qui découpe des tôles d'acier de 1/2 à 10 *mm* d'épaisseur, et les transforme en *Métal Déployé* dans des conditions de rigidité et de résistance telles qu'elles deviennent aptes à recevoir les applications les plus variées.

C'est la machine Golding, du type breveté en 1896, que je vais décrire.

II

Description de la machine Golding.

Les parties essentielles de la machine Golding sont les suivantes :

a) Une table-support animée d'un mouvement latéral de va-et-vient, et qui se déplace alternativement à droite et à gauche avec la tôle à découper.

b) Un couteau fixe, à arête ou tranchant rectiligne vissé à l'arrière de la machine, sur le rebord de la table-support.

c) Un attelage mobile de couteaux à dents, animé d'un mouvement rectiligne de montée et descente. Chacune des dents représente les dimensions internes d'une demi-maille du treillis étiré dans la tôle.

d) Un volet ou tablier, à l'arrière, faisant un angle de dix degrés avec le couteau vertical et sur lequel se développe au fur et à mesure le treillis étiré et chassé par la poussée des couteaux mobiles. Ce volet est, en outre, animé d'un mouvement oscillatoire qui provoque périodiquement l'avancement de la feuille de tôle dans le sens horizontal.

e) Une barre de pression et une barre à crampons qui limitent l'avancement de la tôle et maintiennent celle-ci immobile sur son support pendant tout le temps du travail des couteaux.

L'attelage mobile est mû au moyen d'excentriques disposés sur un arbre qui, par l'intermédiaire de pignons et d'engrenages, reçoit son mouvement de la transmission générale de l'atelier. Une disposition d'embrayage très simple permet d'effectuer rapidement l'enclenchement ou le déclenchement et, par suite, d'arrêter et de mettre en marche la machine à tout moment.

Le déplacement de la table-support est produit par une roue armée de deux cames qui actionnent une courte tige disposée sur un talon en saillie, dans le prolongement de la table. Les cames repoussent la tige tantôt dans un sens, tantôt dans l'autre, et ponctuent, entre les deux mouvements, un temps d'arrêt de la table pendant lequel se produit la descente de l'attelage de couteaux et l'étirage d'une ligne de bandes dans le métal.

L'avancement de la tôle par largeurs de bandes successives. est dû aux oscillations du volet. Celui-ci est articulé aux flasques de la machine et porte, à chaque extrémité, un galet actionné par son cheminement le long d'un plan incliné qu'on a ménagé dans des consoles boulonnées aux deux extrémités de la traverse qui porte l'attelage mobile ; quand celui-ci descend, le volet est repoussé en sens inverse de l'avancement de la tôle (fig. 1), puis, à la montée, il est ramené en avant par des res-

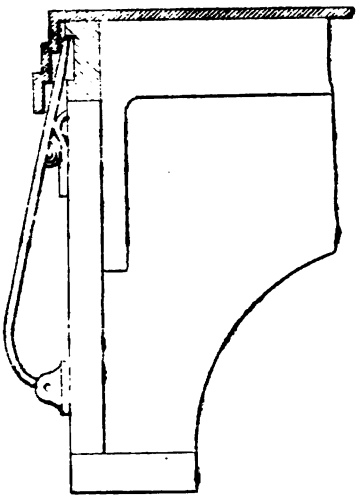


Fig. 1.

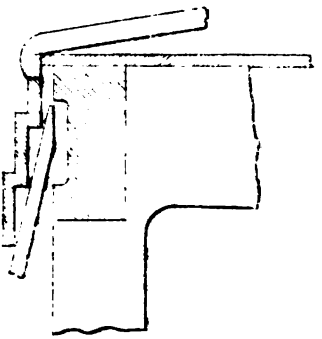


Fig. 2.

sorts antagonistes qui l'obligent à reprendre sa première position, et à entraîner avec lui la feuille de tôle d'une largeur de bande (fig. 2).

Une nouvelle bande se trouve ainsi, entre les couteaux inférieur et supérieur, toute prête à supporter, à son tour, le travail de découpage et d'étirage.

L'étendue du mouvement d'avancement de la tôle, étendue qui correspond à la largeur de la bande à étirer, est limitée au moyen de la barre à crampons dont j'ai parlé plus haut et qui est manœuvrée par un petit levier mis à portée de l'ouvrier.

On conçoit qu'avec l'aide de ce levier, on puisse modifier à volonté la largeur des bandes et arrêter à tout moment leur étirage; cette opération, qui peut d'ailleurs être répétée aussi souvent qu'il est nécessaire et sans la moindre difficulté, a sa raison d'être pour certains emplois du *Métal Déployé*.

Pendant le travail de découpage et d'étirage, il est de toute nécessité de maintenir la tôle immobile; ce résultat est obtenu à l'aide d'une barre de pression qui applique solidement la tôle sur la table-support.

La mise en marche de la machine et son travail ne comportent que l'aide de deux ouvriers pour toutes les manœuvres; l'un est à l'avant, l'autre à l'arrière. Le premier place les tôles et les guide. Le second surveille la descente du treillis le long du volet oscillant, et s'assure à chaque instant que le découpage et l'étirage des bandes se font dans de bonnes conditions; si le fonctionnement n'est pas d'une correction parfaite, il y supplée en agissant sur les leviers qui sont à portée de la main, ou en arrêtant la machine, le cas échéant.

Mais, quand les dispositions ont été bien prises, l'intervention de l'ouvrier se borne à veiller à ce que les tôles glissent convenablement le long du volet, puis à les faire tomber sur le sol à la fin de l'opération et à les disposer à proximité du manœuvre chargé de les transporter au dépôt.

D'ailleurs, toutes ces opérations s'accomplissent avec une précision et une sûreté complètes. Dès que la feuille métallique destinée à être transformée en *Métal Déployé* a été posée et réglée convenablement sur la table-support, on agit sur le levier d'enclenchement, et le mouvement commence.

L'attelage denté et la barre de pression descendent simultanément, les plans inclinés reliés à la traverse de l'attelage agissent sur les galets du volet et repoussent celui-ci en faisant pénétrer son rebord supérieur, taillé en biseau, dans une encoche pratiquée à la base du couteau fixe *(fig. 1)*.

Puis l'attelage remonte et entraîne avec lui la barre de pres-

Fig.3.

Elévation de la machine vue arrière

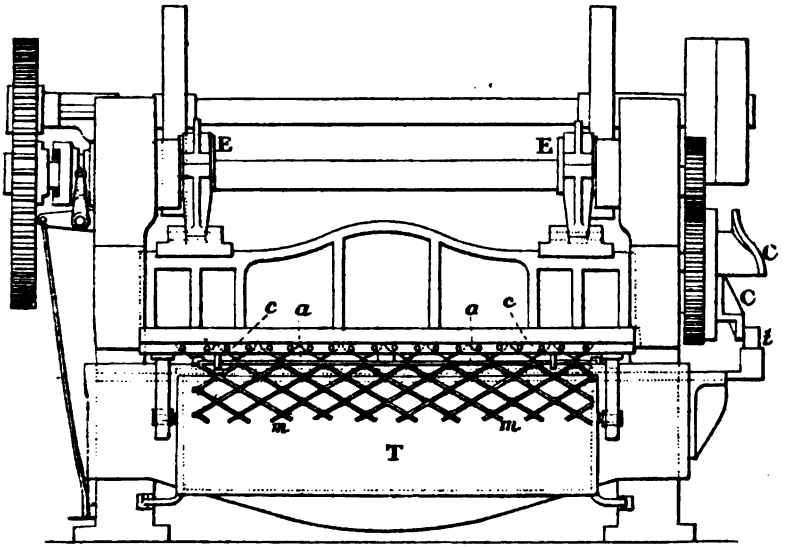
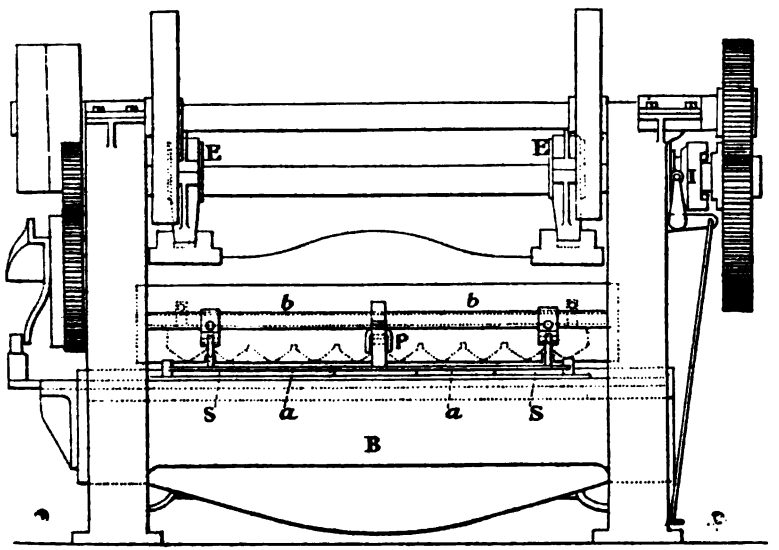


Fig.4.

Elévation de la machine vue avant



aa, tôle posée à plat; — *mm*, tôle déployée; — S, table-support; — T tablier oscillant; — *cc*, came double commandant le mouvement de va-et-vient de la table S; — *t*, talon sur le prolongement de la table-support; — EE, excentriques commandant l'attelage des couteaux mobiles; — B, bâti portant le couteau fixe; — *bb*P, barre de pression appuyant la tôle sur la table-support; — L*cc*, barre à crampons limitant l'avancement horizontal de la tôle à développer.

sion qui, dès lors, cesse momentanément d'immobiliser la tôle; à cet instant, le volet, ramené en avant par les ressorts qui le commandent, provoque l'avancement horizontal de la tôle d'une largeur de bande.

Enfin, la table se trouve soumise à l'action des cames et se déplace horizontalement ; quand ce mouvement est terminé, l'attelage redescend avec la barre de pression et le métal est de nouveau découpé et étiré.

La seconde poussée des cames ramène la tôle à sa position primitive. et l'étirage continue par périodes régulières jusqu'à ce que toute la feuille se trouve découpée; à ce moment, une secousse du volet oscillant la dégage complètement, fait tomber le treillis fabriqué, et une nouvelle plaque métallique peut être disposée sur la table-support pour être, à son tour, découpée en *Métal Déployé.*

Ces diverses opérations, tantôt simultanées, tantôt consécutives, demandent, pour être bien comprises, à être théoriquement décomposées en une série de mouvements simples et périodiques, comme je le montrerai plus loin.

La figure 3 représente une vue arrière de la machine; la figure 4 est une vue de l'avant.

Dans la figure 4, la portion de tôle découpée est développée tout le long du volet.

Les tôles pleines qu'il s'agit de transformer en *Métal Déployé* ont une largeur maximum de 2,44 *m*; elles doivent pouvoir se déplacer latéralement le long des couteaux d'une longueur égale à une demi-maille dans le sens de la plus grande diagonale, ou, ce qui est le même, d'une demi-dent du couteau supérieur.

L'attelage mobile est formé de blocs en acier chromé, solidement boulonnés à une traverse; chacun d'eux comprend un nombre de dents variable selon la largeur des mailles du treillis que l'on désire développer. C'est ainsi que l'on compte, par exemple :

16	dents par	bloc,	pour les mailles de.	10 × 42 *mm*
7	—	—	—	40 × 112
2	—	—	—	75 × 200
1	—	—	—	150 × 400

Leur épaisseur est de 44 *mm*; elle peut être réduite jusqu'à 20 *mm* par des affûtages successifs; en deçà de 20 *mm*, les couteaux deviennent inutilisables et doivent être remplacés.

Il est facile de se rendre compte que l'usure des couteaux, malgré toutes les précautions prises et les soins apportés à leur fabrication, est assez rapide; d'autre part, le découpage des bandes successives exige un alignement presque mathématique des tranchants: aussi, est-il nécessaire de procéder fréquemment à l'affûtage et au dressage des couteaux fixes, aussi bien que des attelages dentelés. Ce travail est fait à l'usine avec une précision qui ne laisse rien à désirer, au moyen de roues d'émeri à grande vitesse, montées sur des bancs à affûter.

La machine pèse 28 400 *kg*, et absorbe de 5 à 8 *ch*, selon qu'elle doit attaquer des tôles de plus ou moins grande épaisseur.

Quant à son débit en métal déployé, il varie considérablement selon les dimensions des lattis ou treillis fabriqués, comme il ressort des indications suivantes:

Dimension des mailles	Nombre de coups battus par minute	Débit par heure en longueur	Débit par heure en mètres superficiels
Lattis de 10 *mm*.	90	27 *m*	65 m^2
Treillis de 40 — .	60	72	175
— 75 — .	40	90	220
— 130 — .	40	180	470

Les deux premières machines qui furent installées à Saint-Denis, sont de fabrication anglaise; les quatre autres ont été construites par les constructeurs français bien connus, MM. Bouhey, et dans des conditions de précision, de régularité et, j'ajouterai, d'élégance, qui font le plus grand honneur à ces Ingénieurs.

III

Décomposition du travail de la machine Golding et exécution du treillis.

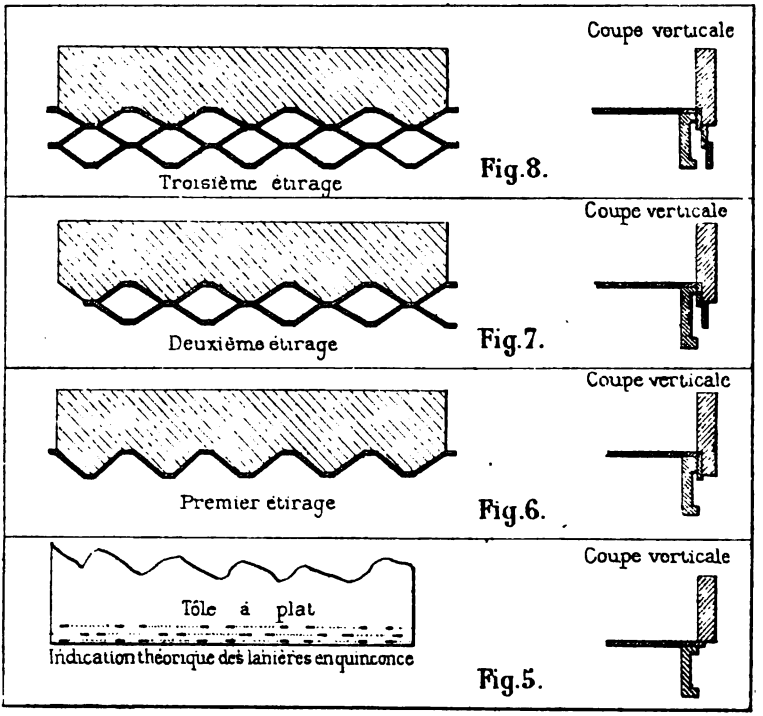
Je viens de dire que la machine Golding découpe, sur toute la longueur d'une feuille de tôle disposée horizontalement, une série de lanières séparées qu'elle refoule successivement suivant un plan vertical en les développant sous la forme de demi-losanges.

Les rangées successives de demi-losanges alternés se superposent et constituent finalement un treillis uniforme et continu qui

présente exactement la même largeur que la feuille de tôle originelle, mais dont la longueur est considérablement développée ou déployée.

La tôle étant mise en place, et la largeur de la première bande à étirer ayant été déterminée avec précision au moyen de la barre à crampons, la machine est mise en marche. Les diverses opérations qu'elle effectue peuvent être décomposées en cycles de six temps ou périodes de mouvement.

1° L'attelage des couteaux supérieurs arrive au contact de la tôle sur toute la longueur de la bande à découper *(fig. 5)*; en



même temps qu'il cisaille chacune des lanières séparées, il les repousse verticalement le long du couteau inférieur fixe et les étire en demi-losanges à sommets recoupés qui épousent rigoureusement le profil vertical des couteaux dentelés *(fig. 6)*.

2° L'attelage se dégage, remonte et vient reprendre sa position primitive.

3° Par un double mouvement latéral, la table qui porte la tôle se déplace d'une quantité égale à la moitié de la grande

diagonale des losanges-mailles, tandis que la tôle s'avance horizontalement d'une largeur de bande.

4° **Les couteaux redescendent et attaquent la seconde bande sur un alignement de fentes disposées en quinconce par rapport à celles de la première. Il y a de nouveau cisaillement entre les deux couteaux supérieur et inférieur et étirage du métal en demi-losanges qui complètent les premiers, en achevant de former des mailles complètes** ***(fig. 7).***

5° **L'attelage se dégage et remonte.**

6° **La table-support ramène à sa position primitive la feuille de tôle, et celle-ci s'avance dans le sens horizontal d'une nouvelle largeur de bande.**

Avec cette troisième bande commence un second cycle de six temps identique au précédent *(fig. 8)*. La figure 9 montre tout le travail exécuté au début du second cycle, et l'aspect du treillis développé.

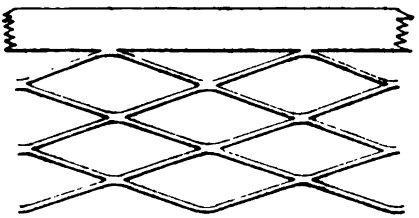


Fig. 9.

Comme on le voit, la tôle est développée en un treillis uniforme, régulier, sans nœuds ni soudures. On ne perd aucune portion du matériel lorsque celui-ci travaille bien et que ses dimensions se prêtent à un découpage d'un nombre entier de bandes, mais, dans la pratique, il y a toujours un peu de déchet, en quantité variable selon les dimensions des mailles, Enfin l'écrouissage, qui résulte généralement d'un découpage ou cisaillement, est presque nul lorsque les couteaux sont bien affûtés et convenablement dressés.

Les tôles déployées mesurent toutes 2,44 *m* de largeur, leur longueur dépend de l'épaisseur qui varie entre 0,6 et 7 *mm*, mais pour les usages industriels courants et les facilités de la vente, l'usine débite ses treillis à 0,82 *m* de largeur, de sorte que chaque feuille mesure exactement $2{,}44 \times 0{,}82\ m = 2\ m^2$.

Comme la tôle est développée perpendiculairement à son plan, il en résulte que le treillis obtenu présente une augmentation de résistance. Celle-ci est due non pas à l'épaisseur du métal, mais à la largeur des bandes découpées et étirées, puisque elles sont relevées en hauteur sous un angle voisin de 90°; elle est due, en outre, au renforcement obtenu à la jonction des

mailles où la hauteur du métal se trouve doublée par la superposition de deux bandes.

Le relèvement est d'ailleurs d'autant plus rapproché de la perpendiculaire que l'épaisseur de la tôle est plus grande. Ainsi il est de 30 à 35° avec des tôles minces de 1 *mm*, de 80° avec les tôles de 3 *mm* et de 85° avec celles de 4 1/2 *mm*.

Les divers types de ***Métal Déployé*** sont désignés dans le commerce par la dimension des mailles du treillis, ou plus exactement par la longueur de la plus petite diagonale ; celle-ci varie de 6 à 150 *mm*, et la longueur de la tôle développée en ***Métal Déployé*** est de deux à dix-sept fois la longueur de la tôle pleine originelle.

Le tableau suivant mentionne les données relatives aux tôles d'usage courant, treillis et lattis, que peut actuellement fabriquer l'usine de Saint-Denis, ainsi que les longueurs du ***Métal Déployé*** obtenues avec 1 mètre de tôle pleine.

Métal Déployé, en tôle d'acier.

NUMÉRO D'USINE	PETITE DIAGONALE DES MAILLES en millimètres	ÉPAISSEUR DU MÉTAL en millimètres	DÉVELOPPEMENT OBTENU avec 1 *m* de tôle pleine en mètres	POIDS APPROXIMATIF du mètre superficiel en kilogrammes
1° Treillis pour ciment et béton armés, grillages, clôtures, etc.				
14	150	4 ½ × 3	17,00	1,450
12	150	6 × 3	12,75	2,000
13	150	6 × 4 ½	13,00	3,150
15	75	3 × 3	13,00	2,100
9	75	4 ½ × 3	8,75	3,150
8	75	6 × 3	6,75	4,350
11	75	4 ½ × 4 ½	9,00	5,000
10	75	6 × 4 ½	7,00	6,250
6	40	3 × 1 ½	7,00	2,000
21	40	4 ½ × 3	5,00	6,400
24	40	3 × 3	7,25	4,100
3	20	2 ½ × 1	4,75	1,750
4	20	2 ½ × 1 ½	4,75	3,000
20	20	3 × 3	4,25	3,400
2	10	2 ½ × 1	2,75	4,000
17	10	2 ½ × 1 ½	2,75	5,150
2° Lattis pour plâtre, chaux, ciment et usages divers.				
1	10	2 ½ × 0,6	2,80	1,900
1 A	6	2 × 0,6	2,80	1,900

Les allongements sont calculés pour un découpage complet et sans perte d'un bord à l'autre.

Il y a des cas où l'on a intérêt à ménager un rebord plein avec le treillis : il suffit, pour cela, d'arrêter l'étirage avant le développement complet de la tôle, en laissant une bande pleine ayant la largeur voulue. Cette disposition, comme je l'ai déjà dit, est nécessitée par plusieurs des applications industrielles du ***Métal Déployé.***

Enfin, on a souvent besoin de découper la tôle sur une partie seulement de sa largeur, dans le but d'obtenir des feuilles plus petites que le développement total de la tôle pleine. On obtient très facilement ce résultat en faisant battre les couteaux deux fois de suite sur le même alignement : le premier choc étire la bande qui se présente, le second la cisaille aux nœuds de jonction. Il suffit d'une simple manœuvre du levier de la barre à crampons pour empêcher la tôle d'effectuer son mouvement d'avancement.

IV

Qualités des tôles propres à la fabrication du Métal Déployé.

Il est difficile, *a priori*, de déterminer les qualités des tôles d'acier capables de satisfaire aux diverses conditions de travail que comporte la fabrication du ***Métal Déployé ;*** aussi a-t-il fallu procéder par tâtonnements, et ce n'est qu'après de nombreux et coûteux essais qu'on est arrivé aux résultats voulus avec des tôles fabriquées expressément pour cet objet par ***Le Creusot*** et la maison ***Boutmy et Cie***.

Après la période des tâtonnements, on s'est alors préoccupé de déterminer exactement la composition spéciale de ces aciers qui avaient répondu aux ***desiderata*** du travail à la machine Golding.

On sait. en effet, que les propriétés de l'acier sont modifiées par la présence, dans sa composition, de certains corps, tels que : le carbone, le soufre, le phosphore, le silicium, le manganèse, le chrôme, etc. ; les uns constituant des impuretés proprement dites, les autres formant des alliages.

Mais le dosage de ces corps, dont la proportion est généralement très minime, est une opération fort délicate et qui ne peut être menée à bonne fin que par un chimiste particu-

lièrement compétent. C'est au laboratoire métallurgique de M. Campredon, à Saint-Nazaire, que les tôles types ont été analysées et soumises aux expériences classiques de traction et de pliage.

Le tableau suivant mentionne les analyses de sept échantillons et les essais de résistance à la rupture par traction effectués sur trois d'entre eux.

INDICATIONS DIVERSES		COMPOSITION CHIMIQUE, EN CENTIÈMES					ESSAIS A LA TRACTION	
Provenance des tôles	Epaisseur en dixièmes de millimètres	Carbone	Manganèse	Soufre	Phosphore	Silicium	Résistance à la rupture par millim. carré en kilogr.	Coefficient d'allongement 0/0
Boutmy et Cie . .	6	0,120	0,629	0,024	0,028	0,009	»	»
	15	0,140	0,710	0,043	0,044	0,009	»	»
	30	0,090	0,656	0,034	0,039	0,009	34,7	26
Le Creusot. . . .	6	0,080	0,656	0,066	0,116	0,009	»	»
	15	0,090	0,548	0,025	0,051	0,009	»	»
	30	0,080	0,656	0,048	0,041	0,023	38,6	25,5
	45	0,100	0,656	0,039	0,055	0,014	40.1	25,0

Les essais de traction ont été faits sur des barrettes de tôle de 200 *mm*, découpées à froid et présentant une longueur utile de 100 *mm*, sur une largeur de 20 *mm (fig. 10)*.

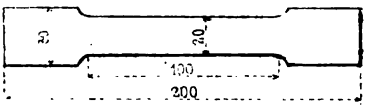


Fig.10.

L'examen du tableau qui précède donne des indications précieuses au point de vue de la recherche des aciers qui conviennent le mieux à la production du *Métal Déployé*.

1° Analyse chimique.

Carbone. — L'acier doit être très peu carburé ; les teneurs en carbone des bonnes tôles ayant satisfait à toutes les exigences du travail, à l'usine de Saint-Denis, se rapprochent des teneurs minima que l'on peut pratiquement réaliser dans les aciéries.

Manganèse. — La teneur de manganèse est voisine de 0,70 0/0; si la teneur était inférieure, il y aurait à redouter la présence d'oxyde de fer qui rendrait la tôle impropre à la fabrication du *Métal Déployé*.

Le manganèse a encore l'avantage de donner au métal une certaine raideur sans accroître sa dureté.

Soufre. — La faible proportion du soufre indique une fabrication d'acier très soignée; une plus grande quantité nuirait au laminage.

Phosphore. — La quantité de phosphore est inférieure à 0,055 0/0; un dosage plus considérable exposerait à des cassures pendant le travail du développement des filets de mailles, surtout avec des tôles épaisses.

Silicium. — La quantité de silicium constatée est très faible, ce qui indique que les produits proviennent d'un four Martin-Siemens basique ou d'un convertisseur basique (Thomas).

Oxygène. — Il existe quelquefois dans l'acier une certaine quantité d'oxygène dont il est utile de tenir compte.

Le professeur Ledebur a reconnu, en effet, que cet élément peut nuire quand sa proportion est voisine de 0,1 0/0; sa présence est probablement due à la décomposition de l'oxyde de fer et de l'oxyde de manganèse qu'on trouve dans le métal en occlusions et peut-être aussi en dissolution. Toutefois la présence, dans les aciers bien affinés, de 0,5 à 0,7 0/0 de manganèse est une garantie contre le danger d'une proportion nuisible d'oxygène.

2° Essais de résistance a la traction.

Le travail des couteaux de la machine Golding comprend un découpage de la tôle en lanières, en même temps qu'un étirage ou développement de chaque lanière en demi-losanges, par poussée ou traction perpendiculaire à la tôle.

Les coefficients d'allongement produit dans les diverses séries de Métal Déployé que fabrique l'usine de Saint-Denis sont assez uniformes. Voici, par exemple, ceux que j'ai mesurés sur les types les plus usuels :

Diagonales des mailles en millimètres.	Longueur développée de deux côtés en millimètres.	Allongement, 0/0.
—	—	—
400 × 150	425	6
200 × 75	214	7
112 × 40	120	7,10
56 × 20	60	7,10
42 × 10	45	7,20

Comme on le voit, l'allongement maximum imposé aux tôles n'atteint pas 8 0/0; or, celles-ci, d'après les essais de M. Campredon, sont capables de supporter un allongement de 25 à 26 0/0, avec une résistance à la rupture variant de 35 à 40 *kg* par millimètre carré pour des épaisseurs de 3 à 4 *mm*. Elles se trouvent donc dans d'excellentes conditions pour résister, sans se rompre, à l'effort de traction qui leur est imposé.

3° Essais de pliage avant et après trempe.

Des barrettes de 20 *mm* de largeur sur 200 de longueur ont été découpées dans des tôles, puis pliées avant et après trempe, dans l'eau froide, du métal porté au rouge-cerise.

Toutes les éprouvettes ont pu être pliées à bloc sans criquer.

Ces essais confirment pratiquement les faibles teneurs en carbone que décèle l'analyse chimique de M. Campredon.

4° Déductions pratiques résultant des analyses, des essais de laboratoire et du travail a la machine Golding.

De tout ce qui précède, il résulte qu'il faut rechercher, pour la fabrication du *Métal Déployé*, un acier extra-doux, de qualité supérieure, aussi pur que possible. C'est celui que l'on obtient de préférence au four basique Martin-Siemens ou au Bessemer basique, plutôt qu'aux fours acides. D'ailleurs les lingots provenant de ces derniers fours renferment presque toujours un peu d'oxyde de fer ou même de scorie dont la présence diminue la souplesse du métal à l'étirage.

Il faut encore que la tôle contienne peu ou pas de criques, soufflures ou pailles, aussi le travail du lingot à laminer exige-t-il des soins particuliers; mais la meilleure des précautions consiste à ne passer au laminoir que des lingots irréprochables. Tout au plus pourrait-on tolérer de petites soufflures centrales; toutefois celles qui affleurent sur les bords du lingot sont toujours à redouter, car elles constituent autant de réceptacles à oxydes ou à scories qui ne disparaissent pas par le laminage et qui, à certaines doses, rendent la tôle absolument impropre à l'étirage en *Métal Déployé*.

Par une surveillance assidue de la marche de l'aciérie, un bon chauffage et un coulage à allure chaude, on peut obtenir des lingots répondant exactement aux conditions que je viens d'énumérer.

Quant aux tôles, l'expérience a montré qu'il est nécessaire de les choisir avec soin et de rejeter celles qui présentent des défauts superficiels apparents.

De plus, les tôles destinées à la fabrication des lattis de 10 et 6 *mm* ont besoin de recevoir une préparation particulière pour qu'elles puissent être travaillées dans de bonnes conditions. C'est ainsi qu'il est nécessaire de les recuire en vase clos, les décaper et enfin les rogner d'équerre et les planer.

Les premières tôles françaises qui furent essayées à l'usine de Saint-Denis donnèrent des résultats déplorables et, pendant quelque temps, la *Compagnie Française du Métal Déployé* dut s'adresser aux aciéries anglaises. Mais quelques usines, comme celles de la maison *Boutmy et Cie* et du *Creusot*, prévoyant le développement qu'allait prendre la fabrication du *Métal Déployé*, n'hésitèrent pas à faire les dépenses d'installations spéciales qu'exige la préparation de ces tôles, et aujourd'hui elles livrent des produits finis, qui se prêtent à un travail irréprochable. Cet heureux résultat assure aux aciéries françaises un débouché nouveau qui se chiffrera, dès cette première année, par une fourniture de 7 à 8.000 *t* de tôle.

Le fait est d'autant plus intéressant à constater que la *Compagnie Française du Métal Déployé* n'a pas hésité à réclamer le concours de l'industrie française, malgré une importante différence des prix de livraison.

V

Applications du Métal Déployé.

D'une manière générale, on peut dire que le *Métal Déployé* trouve des applications dans presque tous les cas où l'on doit faire usage de treillages en fil de fer, tôles perforées, grilles, etc. On l'emploie aussi comme clôtures, garde-corps, cloisons ajourées. Et comme la machine Golding travaille aussi bien le fer et l'acier que le cuivre, le laiton, l'aluminium et, en général, tous les métaux ductiles, on l'utilise pour fabriquer un grand nombre d'objets mobiliers et même artistiques; corbeilles, paniers, garde-feu, pare-étincelles, etc.

Mais la plus importante des applications du *Métal Déployé* est, sans contredit, son emploi pour la construction de dallages, planchers, plafonds et cloisons; j'examinerai rapidement chacun de ces cas.

1° Dallages et planchers.

Tout le monde connaît la grande résistance des dallages et planchers en ciment armé de fers ronds, posés sur des poutrelles en fer ou en acier. Une semblable construction constitue un ensemble rigide dont toutes les parties sont solidaires ; mais elle exige une exécution parfaite, un bon mortier de ciment Portland, d'habiles cimentiers, des fers ronds solidement ligaturés aux croisements et bien reliés aux poutrelles.

La substitution aux fers ronds d'un treillis en ***Métal Déployé***, modifie avantageusement, à certains points de vue, la construction des dallages et planchers, comme je vais le montrer.

D'abord, on a trouvé avantageux de remplacer le hourdis de ciment par du béton qui est plus économique, plus facile à établir et aussi résistant à la compression.

L'expérience a établi qu'une dalle de ciment se trouve dans de bonnes conditions de résistance, quand elle est armée de fers ronds dont la section totale équivaut à la centième partie de la section de la dalle. De sorte que, pour un volume de 0,010 m^3, ce qui suppose une dalle théorique de 1 *cm* d'épaisseur, sur 1 *m* de portée et autant de largeur, il faut un volume de métal de :

$$\frac{0{,}01}{100} = 0{,}000100\ m^3,$$

ou, ce qui revient au même, un poids de fer égal à :

$$0{,}0001 \times 7.800 = 0{,}780\ kg.$$

Or des essais comparatifs exécutés en Amérique et en Angleterre, et répétés dernièrement en France, montrent qu'on obtient le même effet avec 0,400 *kg* seulement de fer pris sous la forme, non plus de tiges rondes, mais de ***Métal Déployé***.

Autrement dit, à poids égal de métal, ***une dalle en béton armé de Métal Déployé est à peu près deux fois plus résistante qu'une dalle en ciment et fers ronds.***

On a reconnu, par exemple, qu'une dalle de béton et ***Métal Déployé***, de 8 *cm* d'épaisseur et 1 *m* de longueur, portée à ses deux extrémités, ne se rompt que sous une charge de 12.000 *kg* et peut porter sans fléchir une surcharge de 3.000 *kg* au mètre superficiel.

Pour les calculs, on admet que la charge totale pratique, ou de

sécurité, est de 40 *kg* par centimètre d'épaisseur et par mètre de béton armé; de sorte que les données qui précèdent permettent de déterminer, pour toutes épaisseurs de hourdis, le poids de métal à employer, le poids mort et la charge de sécurité.

On trouve, par exemple :

ÉPAISSEUR DU HOURDIS en centimètres (portée de 1 *m*)	POIDS DE MÉTAL DÉPLOYÉ par mètre superficiel en kilogrammes	POIDS MORT en kilogrammes	CHARGE PRATIQUE TOTALE en kilogrammes
5	$5 \times 0{,}4 = 2{,}00$	112	$40 \times \overline{5}^2 = 1\,000$
6	$6 \times 0{,}4 = 2{,}40$	135	$40 \times \overline{6}^2 = 1\,440$
8	$8 \times 0{,}4 = 3{,}20$	180	$40 \times \overline{8}^2 = 2\,560$
10	$10 \times 0{,}4 = 4{,}00$	225	$40 \times \overline{10}^2 = 4\,000$
12	$12 \times 0{,}4 = 4{,}80$	270	$40 \times \overline{12}^2 = 5\,760$
15	$15 \times 0{,}4 = 6{,}00$	335	$40 \times \overline{15}^2 = 9\,000$

Ces données, établies par le calcul, permettent de déterminer le type commercial de treillis ou lattis en *Métal Déployé* qu'il convient d'employer dans les divers cas qui peuvent se présenter. Voici, par exemple, les chiffres qui correspondent aux épaisseurs de hourdis mentionnées dans le tableau précédent, lorsqu'on emploie le treillis de 75 *mm*.

ÉPAISSEUR DU HOURDIS en centimètres (portée de 1 *m*)	POIDS DE MÉTAL DÉPLOYÉ par mètre superficiel en kilogrammes	ÉPAISSEUR DU MÉTAL DÉPLOYÉ en millimètres	NUMÉRO COMMERCIAL DU TREILLIS DE 75
5	2,00	3×3	15
6	2,40	3×3	15
8	3,20	$4\frac{1}{2} \times 3$	9
10	4,00	6×3,	8
12	4,80	$4\frac{1}{2} \times 4\frac{1}{2}$	11
15	6,00	$4\frac{1}{2} \times 6$	10

Pour toute portée autre que celle de 1 *m*, la charge totale s'obtient en divisant les chiffres du premier tableau par le carré de la portée. Exemple : le hourdis étant de 10 *cm* avec portée de 1,20 *m*, la charge de sécurité sera : $\frac{4\,000}{1{,}20^2} = 2\,777\ kg.$

C'est d'après ces indications qu'a été formé le barème suivant

Tableau des emplois du Métal Déployé pour dallages et planchers en béton armé.

SURCHARGE au mètre superficiel	TYPE DU HOURDIS		ÉCARTEMENT entre poutrelles	CHARGE TOTALE par mètre ct de poutrelles
	Épaisseur	Numéro du métal		
kg	*m*	N°	*m*	*kg*
100	0,06	15	2,18	460
200	0,06	15	1,79	560
300	0,06	15	1,56	640
	0,08	9	2,32	1 110
400	0,06	15	1,40	715
	0,08	9	2,10	1 220
500	0,06	15	1,28	785
	0,08	9	1,94	1 320
	0,10	8	2,36	1 710
750	0,06	15	1,08	930
	0,08	9	1,66	1 540
	0,10	8	2,03	1 970
	0,12	11	2,38	2 420
1 000	0,06	15	0,95	1 060
	0,08	9	1,48	1 740
	0,10	8	1,80	2 200
	0,12	11	2,13	2 700
1 500	0,06	15	0,79	1 275
	0,08	9	1,23	2 060
	0,10	8	1,52	2 620
	0,12	11	1,80	3 180
	0,16	10	2,35	4 370
2 000	0,06	15	0,69	1 455
	0,08	9	1,08	2 350
	0,10	8	1,34	3 000
	0,12	11	1,59	3 620
	0,16	10	2,08	4 900
3 000	0,08	9	0,90	2 860
	0,10	8	1,11	3 600
	0,12	11	1,33	4 350
	0,16	10	1,74	5 850
4 000	0,08	9	0,78	3 270
	0,10	8	0,98	4 150
	0,12	11	1,16	4 950
	0,16	10	1,53	6 700
5 000	0,08	9	0,70	3 625
	0,10	8	0,87	4 540
	0,12	11	1,05	5 550
	0,16	10	1,38	7 400
10 000	0,10	8	0,62	6 350
	0,12	11	0,75	7 700
	0,16	10	0,99	10 250

qui permet aux architectes et aux entrepreneurs de déterminer immédiatement l'épaisseur du hourdis et le numéro du *Métal Déployé* qu'il convient de prendre dans des conditions de sécurité complète, pour une surcharge donnée. Il n'a été fait qu'une seule modification aux calculs pour le dallage le plus mince : celui de 5 *cm* a été porté à 6 *cm* dans le but de faciliter le travail de bétonnage.

Les diverses colonnes de ce tableau indiquent la surcharge au mètre superficiel, l'écartement des poutrelles, l'épaisseur des hourdis et le type du treillis à mailles de 75, et enfin la charge totale, par mètre courant de poutrelle.

Exemple : Pour une surcharge de 1.000 *kg*, le barème porte quatre épaisseurs de hourdis : 6, 8, 10 et 12 *cm*, que l'on peut prendre au choix, en faisant usage de treillis de 75 des nos 15, 9, 8 ou 11.

Les écarts de poutrelles sont de 0,95 *m*, 1,48 *m*, 1,80 *m*, et 2,13*m*; ils sont d'ailleurs limités par la largeur maximum des feuilles de *Métal Déployé*, soit 2,44 *m*. Quand la largeur demandée est moindre, on découpe les treillis, soit au chantier, soit à l'usine.

Mode de construction d'un dallage. — Le béton recommandé pour l'usage du *Métal Déployé* comprend :

1° Un mortier de ciment Portland et de sable fin bien lavé ;

2° Des cailloux, galets, pierrailles ou, si l'on tient à la légèreté, des escarbilles, du coke concassé, etc.

Les proportions adoptées sont :

Ciment.	1
Sable fin.	2

La quantité de mortier à employer dépend de la nature des pierres; on la détermine, quant à son minimum, d'après le vide que celles-ci laissent entre elles. Voici, à ce sujet, les résultats d'expériences que j'ai faites avec quelques matériaux préalablement desséchés par exposition à l'air (1). On en remplissait jusqu'au bord un baril de 110 *l*, puis on versait de l'eau, par litres, jusqu'à ce qu'il y eût un commencement d'écoulement par le haut.

(1) *Mémoires et Comptes Rendus des travaux de la Société des Ingénieurs Civils de France.* — Bulletin de juillet 1897. — *Sur la recherche des eaux souterraines*, par P.-F. CHALON, p. 48.

1 m^3 de sable fin homogène retient dans ses vides 0,200 m^3 d'eau.
— — ordinaire — 0.300 m^3 —
— petit gravier jusqu'à 8 ou 10 *mm* — 0,350 m^3 —
— gravier, jusqu'à 25 *mm*, retient dans ses vides 0,400 m^3 —
— cailloux roulés, galets, jusqu'à 6 ou 7 *cm* — 0,40 à 0,45 —
— gros cailloux, jusqu'à 10 *cm* retient dans ses vides 0,45 à 0,50 —
— de pierres de 10 à 20 *cm* — 0,500 m^3 —

En supposant le cas de cailloux à 45 0/0 de vides, on force un peu la dose et on emploie 50 0/0 de mortier; le béton comprend alors les divers éléments suivants :

Mortier 50 0/0. . . . . { Ciment 1. / Sable fin 2.
Pierres 50 0/0 . . . . . 3.

On mélange soigneusement les pierres et le mortier avec le moins d'eau possible, presque à sec; puis le béton est posé par couches successives et régulières que l'on pilonne modérément. Il est bon de le maintenir au frais en l'arrosant pendant 7 ou 8 jours.

Pour exécuter le dallage sur poutrelles, on dispose d'abord un faux plancher ou cintre plat en planches et solives de bois assises sur les ailes inférieures des poutrelles.

Sur les poutrelles on étend le ***Métal Déployé*** en alignant les grandes diagonales des mailles normalement à la direction des fers, car c'est le sens du laminage et par conséquent la position qui présente le plus de rigidité et le plus de résistance aux déformations du treillis. On étend ensuite le béton par couches successives pilonnées qui enrobent complètement toutes les mailles *(fig. 11, Pl. 218)*.

Le décintrement se fait après douze ou quinze jours.

Tel est le plancher simple en béton armé. On voit immédiatement que sa résistance doit être supérieure à celle qui résulte des données du barème, car celles-ci ont été établies en prenant pour base d'expérience la dalle de 1 *m*, tandis que dans le cas qui nous occupe on se trouve en présence d'un dallage monolithe dont la résistance est forcément plus grande que celle d'une réunion de petites dalles juxtaposées.

2° Planchers formant plafonds.

On a souvent intérêt à disposer le dallage entre les poutrelles afin d'utiliser sa partie inférieure comme plafond *(fig. 12)*.

Dans ce cas, on commence par établir sous les poutrelles un faux plancher et on pose le *Métal Déployé* sur les ailes inférieures. Par-dessus, on pilonne le béton de manière à former un hourdis ayant l'épaisseur voulue et qui englobe entièrement le treillis; on recouvre ensuite sa face inférieure d'un crépi en plâtre qui constitue le plafond. Sous les ailes des fers, où le plâtre ne pourrait adhérer, on dispose quelques petits bouts de treillis ou lattis de *Métal Déployé* sur lesquels on applique le coulis de plâtre.

Enfin, sur le hourdis, ou nivelle des tasseaux en bois pour clouer un plancher, ou bien on établit un carrelage.

3° Planchers a grandes portées.

Une disposition spéciale a été préconisée par M. Golding pour couvrir les grands espaces. C'est le cas d'un hall, d'un dépôt ou d'une usine où il est nécessaire de ménager de larges dégagements en espaçant les supports, piliers ou colonnes, le plus possible.

Les poutres principales, qui reposent sur les piliers, sont reliées entre elles par des renforts en béton pilonné sur des nervures cintrées. Ces nervures sont des fers U très légers dont la flèche ne dépasse pas 1/12 et qui s'appuient contre les âmes des poutres; elles sont encadrées, de chaque côté, par deux solives en bois qui forment, au-dessus de l'arcature métallique, un caisson qu'on remplit de béton.

En somme, on forme des arcs en béton reposant sur les fers U qui servent de cintre et auxquels on donne, à la clef, une hauteur égale à leur épaisseur.

Sur l'ensemble de ces arcs, on pose du *Métal Déployé* qu'on noie ensuite dans le béton, comme dans le cas d'un dallage ordinaire.

On conçoit facilement qu'avec ce procédé simple et pratique on puisse arriver à couvrir des portées considérables entre colonnes. C'est en Amérique que la plus remarquable application du procédé Golding a été faite, jusqu'à présent, pour un plancher de hall avec entre-colonnements de 22 *m*. Mais il semble qu'on puisse aller plus loin encore.

4° Construction de réservoirs couverts.

Le procédé Golding que je viens de décrire s'applique utilement et économiquement à la couverture des grands réservoirs couverts.

On sait que ce genre particulier de travaux exige un radier très épais, assez fort pour supporter toute la charge des cintres provisoires, ce qui constitue une dépense considérable non justifiée par les besoins ultérieurs et la destination de l'édifice.

Or, le procédé Golding ne demande pas l'usage de cintres s'appuyant sur le radier. Les fers U qui servent à préparer les renforts voûtés sont simplement butés contre les murs des réservoirs, dont ils laissent la base entièrement libre; il suffit, par conséquent, de donner au radier bétonné et cimenté l'épaisseur qui convient à la charge d'eau qu'il est destiné à supporter; on peut même construire ce radier en béton armé et *Métal Déployé*.

De plus, l'épaulement des arcs *mi-fer et mi-béton* a l'avantage d'équilibrer la poussée des terres qui s'exerce sur le côté opposé des murs de soutènement, poussée qui est parfois considérable et exige alors une surépaisseur de maçonnerie.

Finalement, on recouvre les poutrelles et les arcs bétonnés d'un dallage avec *Métal Déployé* à mailles de 0,75, dans les mêmes conditions que s'il s'agissait d'un dallage ou plancher simple.

Je citerai, à titre d'exemple, le réservoir construit à Rockfield (Illinois), aux États-Unis, en 1896. Les données principales de ce travail sont les suivantes :

Portée des poutres principales.	17,25 *m*
Écartement des arcs en fer et béton	2,15 *m*
Largeur des fers U	178 *mm*
Épaisseur du dallage supérieur de recouvrement. .	0,064 *m*
Dépense totale, par mètre superficiel	12,75 f

Le procédé Golding est susceptible de recevoir beaucoup d'autres applications analogues à celle des réservoirs, comme par exemple : les tuyaux, les conduites d'eau, les égouts collecteurs, les passerelles, les ponts, etc., et, en général, toutes les constructions qui demandent de grands dégagements et en même temps de la légèreté, sans exclure la solidité et l'économie.

5° Plafonds.

Tandis qu'on emploie pour les dallages, planchers et couvertures le treillis de Métal Déployé à mailles de 75 *mm*, on donne la préférence, pour l'exécution des plafonds, au simple lattis de 10 et même de 6 *mm*.

Voici la disposition imaginée par M. Golding.

Sur les ailes inférieures des poutrelles du plancher, on accroche des crampons en fer auxquels on suspend de petits crochets destinés à supporter des tringles de 3 à 4 *mm* d'épaisseur et de 20 à 25 *cm* de hauteur.

Sous les tringles on fixe le ***Métal Déployé*** en le retenant de distance en distance, au moyen d'attaches à pattes qu'on passe au travers du lattis et qu'on rabat ensuite sur les mailles. On dispose ces attaches tous les 50 *cm* environ.

La figure 14 indique la disposition préparatoire avant la pose du lattis et les divers éléments de suspension que je viens d'énumérer.

La figure 15 montre le plafond en voie d'achèvement; il est suspendu à des poutrelles qui ont reçu à leur partie supérieure un dallage en béton et ***Métal Déployé***.

Sur le lattis, on projette du plâtre qui, traversant toutes les mailles et les enveloppant entièrement, se trouve solidement retenu par autant de bourrelets formant accrochages reliés entre eux.

L'avantage d'un semblable système est bien marqué, surtout si on le compare au plafonnage habituel, tel qu'on l'exécute en France. Celui-ci exige, en effet, une dépense de plâtre exagérée, et l'adhérence est fréquemment mauvaise, car le mortier est mal soutenu par son afflux en longs bourrelets noueux entre les petites lattes de bois clouées dont on fait généralement usage.

6° Cloisons.

Les cloisons fabriquées avec l'aide du ***Métal Déployé***, sont pleines ou creuses, simples ou doubles.

a) Cloisons pleines. — Le mode de construction suivant a été imaginé par M. Golding.

Entre les solives du plafond et du plancher on tend verticalement des tirants en fer rond, de 5 à 8 *mm* de diamètre, à des

distances variant selon les cas, de 30 à 60 cm. Ils sont fixés aux montants en bois au moyen de vis et de crochets et peuvent être tendus à volonté.

Les feuilles de lattis, qui mesurent 2.44 m × 0.82, soit exactement 2 m² superficiels chacune, sont posées le long des tirants qu'elles entrelacent en passant alternativement devant et derrière eux; pour la facilité du travail de pose, on prend la précaution de les retenir à l'aide de quelques ligatures en fil de fer (*fig. 16*).

Lorsque la cloison à construire se trouve comprise entre deux planchers métalliques, les tirants sont retenus par des crampons accrochés aux poutrelles. On les tend, au besoin, au moyen de crochets et de tiges filetées (*fig. 17*).

Dans les deux cas, on recouvre le lattis de plâtre sur ses deux faces.

b) Cloisons doubles. — L'exécution de la cloison double se fait à l'aide d'un montant composé de deux fers cornières A maintenus à distance par des fers méplats B et des boulons, et fixés à leurs extrémités par de petites cornières C et des clous chassés dans le béton, ou par des crampons E recourbés sur les ailes des poutrelles métalliques. La figure 18 montre ces différents détails et la forme des pièces usuelles.

A la hauteur du plafond, les crampons d'accrochage portent des plaques munies de trous à coulisse; dans ceux-ci glissent des boulons qui permettent d'ajuster les tirants à des hauteurs variables.

Les lattis sont appliqués sur les montants et ils sont maintenus en place à l'aide de petites attaches dont les pattes se rabattent sur les mailles du *Métal Déployé*.

VI

Avantages du Métal Déployé dans la construction.

Les avantages qui résultent de l'emploi du *Métal Déployé* dans les constructions sont particulièrement intéressants au point de vue économique et hygiénique, comme aussi par la sécurité qu'il offre contre le danger d'incendie.

1° Économie et solidité des divers systèmes.

Tout ce que j'ai dit jusqu'à présent montre assez les avantages du béton armé avec *Métal Déployé;* je crois cependant utile de les résumer et de les préciser encore.

En premier lieu, il faut noter que l'exécution de ce béton est simple et ne demande pas d'ouvriers à aptitudes spéciales; un entrepreneur quelconque peut le diriger et obtenir un travail soigné et rapidement fait.

En outre il est économique, puisqu'il consomme moins de métal que tout autre système, et l'emploi du béton à 250 *kg* de ciment est incontestablement meilleur marché que celui de mortier de ciment à 500 *kg*.

Il est certain, d'ailleurs, que l'enrobage d'un treillis qui s'appuie sur des poutrelles de plafond ou de plancher par un aussi grand nombre de points, et dont la forme se prête si bien à l'accrochage du béton sur les parois multiples des mailles, permet d'obtenir des conditions remarquables de résistance. On conçoit dès lors que la solidité d'un semblable dallage ne risque jamais d'être à la merci d'une malfaçon quelconque.

J'indiquerai encore une considération qui a sa valeur, c'est que le béton armé de *Métal Déployé* se prête à tout travail d'ouverture qu'on peut avoir à pratiquer postérieurement dans des dallages, plafonds ou cloisons. En effet, si on supprime quatre mailles, par exemple, la rigidité du système n'est pas sensiblement affectée, car on remplace les quatre mailles découpées par une maille unique, sans solution de continuité, et aussi rigide : quoique de surface double.

Enfin, le *Métal Déployé*, ne portant ni nœuds, ni soudures, ni attaches, on n'a jamais à craindre de glissements de métal pendant le bétonnage ou après l'exécution des travaux.

2° Propriétés hygiéniques.

Je n'insisterai pas sur ces propriétés qui sont, d'ailleurs, communes à tous les systèmes de bétons et de ciments armés.

Les uns et les autres sont imperméables et se conservent sans détériorations ni moisissures. Naturellement, l'imperméabilité ne s'établit qu'après une certaine période de temps, et elle a pour limite celle du mortier de ciment employé à la confection du béton.

distances variant, selon les cas, de 30 à 60 *cm*. Ils sont fixés aux solives en bois au moyen de vis et de crochets et peuvent être tendus à volonté.

Les feuilles de lattis, qui mesurent 2,44 *m* × 0,82, soit exactement 2 *m* superficiels chacune, sont posées le long des tirants qu'elles entrelacent en passant alternativement devant et derrière eux; pour la facilité du travail de pose, on prend la précaution de les retenir à l'aide de quelques ligatures en fil de fer *(fig. 16)*.

Lorsque la cloison à construire se trouve comprise entre deux planchers métalliques, les tirants sont retenus par des crampons accrochés aux poutrelles. On les tend, au besoin, au moyen de crochets et de tiges filetées *(fig. 17)*.

Dans les deux cas, on recouvre le lattis de plâtre sur ses deux faces.

b) Cloisons doubles. — L'exécution de la cloison double se fait à l'aide d'un montant composé de deux fers cornières A maintenus à distance par des fers méplats B et des boulons, et fixés à leurs extrémités par de petites cornières C et des clous chassés dans le béton, ou par des crampons E recourbés sur les ailes des poutrelles métalliques. La figure 18 montre ces différents détails et la forme des pièces usuelles.

A la hauteur du plafond, les crampons d'accrochage portent des plaques munies de trous à coulisse; dans ceux-ci glissent des boulons qui permettent d'ajuster les tirants à des hauteurs variables.

Les lattis sont appliqués sur les montants et ils sont maintenus en place à l'aide de petites attaches dont les pattes se rabattent sur les mailles du *Métal Déployé*.

VI

Avantages du Métal Déployé dans la construction.

Les avantages qui résultent de l'emploi du *Métal Déployé* dans les constructions sont particulièrement intéressants au point de vue économique et hygiénique, comme aussi par la sécurité qu'il offre contre le danger d'incendie.

1° Économie et solidité des divers systèmes.

Tout ce que j'ai dit jusqu'à présent montre assez les avantages du béton armé avec *Métal Déployé;* je crois cependant utile de les résumer et de les préciser encore.

En premier lieu, il faut noter que l'exécution de ce béton est simple et ne demande pas d'ouvriers à aptitudes spéciales; un entrepreneur quelconque peut le diriger et obtenir un travail soigné et rapidement fait.

En outre il est économique, puisqu'il consomme moins de métal que tout autre système, et l'emploi du béton à 250 *kg* de ciment est incontestablement meilleur marché que celui de mortier de ciment à 500 *kg*.

Il est certain, d'ailleurs, que l'enrobage d'un treillis qui s'appuie sur des poutrelles de plafond ou de plancher par un aussi grand nombre de points, et dont la forme se prête si bien à l'accrochage du béton sur les parois multiples des mailles, permet d'obtenir des conditions remarquables de résistance. On conçoit dès lors que la solidité d'un semblable dallage ne risque jamais d'être à la merci d'une malfaçon quelconque.

J'indiquerai encore une considération qui a sa valeur, c'est que le béton armé de *Métal Déployé* se prête à tout travail d'ouverture qu'on peut avoir à pratiquer postérieurement dans des dallages, plafonds ou cloisons. En effet, si on supprime quatre mailles, par exemple, la rigidité du système n'est pas sensiblement affectée, car on remplace les quatre mailles découpées par une maille unique, sans solution de continuité, et aussi rigide : quoique de surface double.

Enfin, le *Métal Déployé*, ne portant ni nœuds, ni soudures, ni attaches, on n'a jamais à craindre de glissements de métal pendant le bétonnage ou après l'exécution des travaux.

2° Propriétés hygiéniques.

Je n'insisterai pas sur ces propriétés qui sont, d'ailleurs, communes à tous les systèmes de bétons et de ciments armés.

Les uns et les autres sont imperméables et se conservent sans détériorations ni moisissures. Naturellement, l'imperméabilité ne s'établit qu'après une certaine période de temps, et elle a pour limite celle du mortier de ciment employé à la confection du béton.

3° Résistance au feu.

Le plâtre armé de *Métal Déployé* présente peu de danger au feu et à la propagation de l'incendie, car, sous l'influence de fortes chaleurs, il ne s'écaille pas, comme il arrive dans tous les cas lorsqu'il s'agit d'un plafonnage sur lattes en bois.

Dernièrement, une commission de la *British Fire Prevention Association* a fait, à Londres, d'intéressantes expériences sur la résistance au feu d'un plafond en plâtre sur dallage en béton de 75 *mm* d'épaisseur, l'un et l'autre armés de *Métal Déployé* (1) recouvrant des poutrelles en acier.

La superficie du plafond était de 28,2 m^2, la surcharge de 700 *kg* par mètre superficiel, et la hauteur de la chambre de 2,30 *m*.

L'objet de l'épreuve était de constater les effets successifs :

1° D'un feu brûlant sans flamme pendant 15 minutes et donnant une température voisine de 300° seulement.

2° D'un feu violent, avec flammes, entretenu pendant une heure à 1 100° environ.

3° D'une forte aspersion d'eau produisant rapidement le refroidissement.

Les résultats obtenus ont été tout en faveur de ce genre de constructions; le plâtre du plafond est resté intact jusqu'à l'application de l'eau et les flammes ne l'ont pas traversé.

Une autre épreuve a été faite, mais avec dallage et plafonnage sur solives en bois. Le lattis du plafond était replié le long des murs et soutenu par une corniche moulurée en plâtre. Les bois ont été carbonisés, mais le plafond en *Métal Déployé* est resté suspendu sur ses corniches et la flamme n'a pu passer à l'étage supérieur.

La résistance au feu étant ainsi établie, on a été amené à appliquer le *Métal Déployé* à la garniture de toutes les pièces importantes des bâtiments : colonnes, piliers, pilastres, poutrelles de planchers, corniches, moulures, etc., etc., de manière à assurer l'incombustibilité, ou, du moins, à obtenir de sérieuses garanties contre les dangers de propagation de l'incendie.

Le lattis de *Métal Déployé* se prête admirablement, par sa flexibilité, à ces divers travaux, et il forme avec le crépi de plâtre, de chaux ou de ciment, une gaine dont l'adhérence ne laisse rien

1. Mémoires et Comptes Rendus des travaux de la Société des Ingénieurs civils de France : bulletin d'avril 1899. Informations techniques, p. 645.

à désirer. Cette gaine préserve la pièce qu'elle enveloppe de tout contact avec le feu ou les flammes et ne lui transmet que sa propre chaleur; or, comme le béton et le plâtre sont mauvais conducteurs, l'échauffement des parties principales formant le squelette de la construction se trouve considérablement atténué.

La figure 19 montre une colonne et des poutrelles recouvertes de *Métal Déployé* et de plâtre; cette disposition se prête à une décoration du plafond avec des poutres de section rectangulaire ou trapézoïdale séparées par des caissons. La colonne est cylindrique, en fonte, mais elle peut aussi bien être formée de pièces d'acier affectant des sections diverses; dans tous les cas, le lattis de *Métal Déployé* l'enveloppe complètement et sa souplesse permet de reproduire une forme cylindrique régulière.

De même la figure 20 s'applique à un pilier composé de deux fers I.

L'armature d'une poutrelle de plancher se prête à la décoration *(fig. 21)*; il est facile de lui donner les aspects les plus variés :

La figure 22 indique la disposition d'un lattis de *Métal Déployé* pour corniches et moulures.

Avec ces procédés de construction, la chaleur ne se transmet que très lentement aux poutrelles de fer et d'acier, et celles-ci n'éprouvant pas de dilatations anormales ne peuvent ni renverser ni disloquer les murs sur lesquels elles reposent. Et comme la flamme ne passe pas d'un étage à l'autre, on conçoit qu'il soit possible de se rendre maître rapidement d'un commencement d'incendie qui, en tout cas, reste toujours localisé par suite des difficultés que les armatures de *Métal Déployé* opposent à sa propagation de pièce en pièce, ou d'étage en étage.

VII

Utilisation du Métal Déployé pour la construction de divers palais à l'Exposition de 1900.

Les multiples avantages que présente l'emploi du *Métal Déployé* dans les édifices et particulièrement dans les constructions légères, sa légèreté, sa souplesse, qui permettent de l'adapter à tous les détails d'ornementation et enfin son économie ont vivement frappé les architectes et entrepreneurs de notre Exposition de 1900. Aussi se sont-ils empressés de l'utiliser sur une grande échelle; ils

l'ont appliqué sans hésiter à l'édification rapide de plusieurs palais importants, entre autres : celui *des Mines et de la Métallurgie* et celui *des Fils et Tissus*.

Le premier comprend une série de galeries parallèles de 240 *m* de longueur, dont la hauteur atteint 18 *m*.

Là le *Métal Déployé* a servi à construire les terrasses, les planchers, les cloisons, les plafonds voûtés, les pilastres et piliers, les corniches et en général toute la décoration intérieure aussi bien qu'extérieure.

Les piliers qui soutiennent l'édifice sont enveloppés d'une gaine de montants et de cadres en bois sur lesquels on a fixé des lattis en *Métal Déployé* et qu'on a ensuite crépi en plâtre en figurant les moulures les plus variées.

De même les fermes de la toiture sont recouvertes intérieurement d'un plafonnage voûté qui a pu être exécuté rapidement avec les lattis de 10 *mm*.

Bref, le *Métal Déployé* a rendu les plus grands services pour la construction de l'Exposition, et il est à supposer qu'il trouvera là une consécration éclatante de sa grande valeur pratique et la justification des innombrables applications auxquelles il se prête.

DES MODIFICATIONS A APPORTER A LA LÉGISLATION FRANÇAISE

EN CE QUI TOUCHE LA

PROPRIÉTÉ INDUSTRIELLE

ET DU

ROLE DE L'ASSOCIATION FRANÇAISE

POUR LA PROTECTION DE LA PROPRIÉTÉ INDUSTRIELLE

CONFÉRENCE FAITE LE 30 JUIN 1899

A LA

SOCIÉTÉ DES INGÉNIEURS CIVILS DE FRANCE

PAR

Me POUILLET

AVOCAT A LA COUR D'APPEL DE PARIS, ANCIEN BATONNIER

MESSIEURS,

Quelques hommes de bonne volonté, dont je m'honore de faire partie, ont fondé, il y a quelques mois, l'*Association française pour la Protection de la Propriété industrielle*, et je viens, sans aucune espèce d'apparat, sans aucune espèce de prétention et dans une causerie tout à fait familière, presque intime, si vous le permettez, vous exposer notre but, nos vues, nos projets, nos intentions, avec la secrète espérance que vous vous y intéresserez, que vous nous approuverez et que notre Association recrutera parmi vous de très nombreux adhérents et de très dévoués alliés. M. le Président de la *Société des Ingénieurs Civils de France* a bien voulu me fournir l'occasion de vous entretenir de ce sujet, assurément peu folâtre, et je l'en remercie cordialement. A dire vrai, le nom meme que nous avons donné à notre Association vous dit tout de suite ce qu'elle est, ce qu'elle veut, ce qu'elle fait, ce qu'elle fera. *Association française pour la Protection de la Propriété industrielle*, cela dit tout. Il s'agit

d'assurer la protection de la propriété industrielle dans les meilleures conditions possibles, d'assurer cette protection dans le sens français, pour le plus grand bien de nos inventeurs et le plus grand profit de notre industrie nationale. En réalité, nous entreprenons une croisade; nous partons en campagne pleins d'espérances, pleins d'illusions peut-être, à la conquête de certaines réformes que nous croyons indispensable d'apporter à notre législation française sur la propriété industrielle, et en particulier à la législation sur les brevets d'invention, qui date d'un peu plus d'un demi-siècle et n'a jamais été ni remaniée, ni retouchée, ni modifiée d'aucune façon.

Ces réformes que nous souhaitons sont très simples, très faciles à réaliser, elles ont déjà été proposées à plusieurs reprises sans qu'on ait pu jusqu'ici triompher je ne dirai pas du mauvais vouloir, mais de l'inertie, de la négligence des pouvoirs publics. Pour réussir, il faut que, par le nombre de nos adhérents, par leur haute personnalité, nous puissions peser à la fois sur le Gouvernement et sur le Parlement. Il est clair que la première Société à laquelle nous devions faire appel, dans la campagne que nous entreprenons, c'était bien à la *Société des Ingénieurs Civils de France*. Votre Société, en effet, compte dans son sein les Ingénieurs français les plus éminents, les plus distingués, les personnes qui, chaque jour, contribuent aux merveilleux progrès de l'industrie auxquels nous assistons de tous côtés et qui, plus que tous autres, sont intéressés au développement de la protection de la propriété industrielle et à même d'en apprécier les besoins; elle comprend parmi ses Membres une foule d'inventeurs de talent, de mérite et, vous me permettez bien de dire pour quelques-uns, de génie.

La propriété industrielle, vous le savez, comporte trois grandes divisions : les brevets, les marques de fabrique, les dessins et modèles industriels. Le brevet d'invention protège la découverte industrielle qui fait faire un pas, petit ou grand à l'industrie. La marque de fabrique protège le consommateur au moins autant que le fabricant, en assurant l'origine des produits. Enfin, les dessins industriels embrassent tout ce qui a trait à la forme des produits, à leur élégance, à leur décoration, à leur ornementation, et par là même, rentrent encore plus dans la propriété artistique que dans la propriété industrielle.

Aujourd'hui, si vous le permettez, je vous entretiendrai seulement de la matière des brevets d'invention.

Ce qui m'a le plus frappé, dans la longue carrière que j'ai déjà parcourue et qui — quelques-uns de vous le savent — a été uniquement consacrée à l'étude des questions de propriété intellectuelle, c'est le caractère démocratique du brevet d'invention. Le brevet d'invention est un instrument merveilleux mis par la loi à la disposition de l'humble et du faible, pour le protéger contre le fort. Le brevet d'invention, si la loi est bien faite, si elle est bien appliquée, si elle ne comporte pas de frais exagérés pour la prise du brevet est, pour l'inventeur pauvre, une véritable citadelle, une véritable forteresse. Enfermé dans cette forteresse, il peut, en toute sécurité, développer son invention, en défiant les envies, les jalousies, les convoitises du puissant et du riche. Mais tout cela n'est possible que si la loi, sentinelle vigilante, veille à la porte de la citadelle et empêche l'ennemi du dehors de pénétrer. L'ennemi du dehors, c'est le contrefacteur. C'est ce caractère démocratique du brevet, qui fait que, depuis que l'on a reconnu à l'inventeur un droit sur son œuvre, sur son invention, ce droit n'a jamais été sérieusement discuté. Même dans une publication faite au siècle dernier, en 1791, on appelait le droit de l'inventeur sur son œuvre un droit de propriété ; on soutenait, non sans raison, que c'était la propriété la plus sacrée, parce qu'en même temps, c'était la propriété la plus personnelle qui fût, n'empruntant rien aux choses extérieures, mais, au contraire, tenant tout de celui-là même qui avait fait l'invention. Depuis, les temps ont marché ; on a discuté sur cette question; on a dit, sans aller cependant jusqu'à nier le droit de l'inventeur, que ce n'était pas une véritable propriété, mais un droit d'une nature toute particulière. Pour moi, j'ai été élevé dans d'autres idées ; j'ai pensé et je pense encore que c'est un véritable droit de propriété, soumis tout au plus à des règles spéciales et j'en suis encore à la théorie que nous avons émise au Congrès de 1878. Le premier acte de ce Congrès a été d'affirmer que le droit de l'inventeur sur son œuvre était un véritable droit de propriété, antérieur à toute tradition de son invention à la société. J'en suis encore là. Cependant, de très grands esprits pensent que ce n'est pas un véritable droit de propriété, et que le droit de l'inventeur sur son œuvre est un droit particulier : c'est ce qu'on appelle un droit intermédiaire. Peu importe ! Que ce soit ou non un droit de propriété, le droit exclusif de l'inventeur sur son œuvre ne saurait être méconnu. Je dois dire que ceux-là même qui sont les adversaires les plus résolus de la propriété, et, parmi eux,

le plus célèbre, celui qui avait mis en tête de ses ouvrages la formule fameuse : « *La propriété, c'est le vol* », Proudhon admettait volontiers que l'inventeur avait un droit sur son œuvre et, dans son beau livre « Des majorats littéraires », il proclame formellement ce droit. « Le brevet d'invention et la concurrence agissant, dit-il, l'un sur l'autre comme deux cylindres qui tournent en sens inverse, entretiennent le travail et engendrent le progrès. Il y a bien des inventeurs malheureux, je le confesse ; il y en a d'indignement dépouillés. Trop souvent une invention utile est stérilisée ; d'autres fois elle enrichit de misérables spéculateurs après avoir ruiné l'inventeur. Tout cela est affaire de réformes à introduire tant dans la législation des brevets que dans l'économie générale et dans les mœurs. Ce qui importe, c'est de donner satisfaction égale à la liberté et au génie, et de faire que, par leurs concours, l'initiative individuelle, le bon marché des produits, la prospérité publique, soient entourés de fortes garanties ».

Et si vous continuez cette lecture des « Majorats littéraires », vous verrez que Proudhon ne cesse d'affirmer le droit de l'inventeur sur son invention, c'est à ses yeux un droit sacré. Il proclame néanmoins que ce droit doit être essentiellement temporaire. Sur ce point il ne peut pas y avoir de discussion sérieuse. Plusieurs esprits ont pensé que l'inventeur pouvait avoir un droit de propriété perpétuelle : c'est là une opinion qui n'est pas soutenable.

Le seul point sur lequel je critique, dans une certaine mesure, Proudhon, c'est qu'il a l'air de croire que les inventeurs sont, la plupart du temps, dépouillés de leur invention et qu'il n'y a que des inventeurs malheureux. Cela, permettez-moi de le dire, c'est une légende et, vous-même, vous connaissez certainement beaucoup d'exemples contraires. Il est bon de rappeler, qu'au contraire, le brevet est, pour l'inventeur, cette citadelle dont je parlais tout à l'heure et que, grâce à son brevet, il fait très souvent fortune. On pourrait en citer maints exemples fameux ; je ne les rappellerai pas tous. Permettez-moi d'en citer seulement un ou deux.

Bessemer, — je ne parle pas du brevet qu'il a pris en France, car ce brevet a été annulé sous prétexte que l'inventeur avait développé son système dans une conférence avant de le déposer, — était breveté en Angleterre ; il a pu faire respecter ses droits et s'est enrichi. Vous savez, en effet, qu'au moment où Bessemer est arrivé à faire son fameux convertisseur et à réaliser cet im-

mense progrès dans la fabrication de l'acier, il avait épuisé toutes ses ressources, et c'est grâce à son brevet qu'il a reconquis sa situation dernière et est même parvenu à la fortune. Je me rappelle même qu'ici, en France, un des arguments des adversaires de Bessemer, c'était qu'il touchait en Angleterre des primes d'inventeur qui étaient si considérables qu'elles devaient lui suffire, et que, c'était peu de temps après la guerre, à l'époque où notre industrie était si malheureuse, il ne fallait pas, sous peine d'accabler l'industrie métallurgique française, reconnaître la validité de son brevet. Bessemer a fait une découverte fructueuse pour l'industrie : il en a été récompensé dans une large mesure.

Voulez-vous un autre exemple, Edison, à douze ou treize ans, avait été, je ne dirai pas mis à la porte par son père, mais son père lui avait ouvert la porte de la rue, en disant : « Mon ami, tu as treize ans, c'est le moment de gagner ta vie ». Vous savez comment il l'a gagnée. Après avoir commencé par être simple marchand de journaux il fonda un journal dont la vente lui procura quelques bénéfices. Il s'empressa de les consacrer à l'étude de l'électricité : cette science nouvelle et mystérieuse avait pour lui des attraits invincibles; alors sont venues ses grandes découvertes, la lampe à incandescence, le téléphone, le phonographe; et avec elles, la fortune.

Parmi les inventeurs français, je me bornerai à vous en signaler deux : je citerai d'abord Montagnac, dont le nom est certainement présent à votre souvenir. C'est par hasard qu'il a découvert le drap qu'on a appelé de son nom, drap Montagnac, ou drap velours. Au moment de sa découverte, sa situation était difficile. L'avenir s'annonçait pour lui bien sombre ; un soir il entre dans un atelier où l'on traitait les draps. Le battage à frais venait d'être fait et n'avait pas été suivi de l'autre opération qui consiste à passer le drap à la tondeuse. Il fut frappé de l'aspect que présentait le drap ainsi traité, et prit un brevet pour arrêter à cette phase la préparation des draps. Le drap velours était créé; ce produit a eu un succès considérable qui dure encore, et le nom de Montagnac, son inventeur est resté attaché à cette espèce de drap. Montagnac a réalisé avec son drap une fortune considérable.

Je veux enfin, comme dernier exemple, vous parler du père Frezon, un pauvre diable d'inventeur en détresse, teinturier de son métier et dont les affaires étaient fort embarrassées.

Un brevet a fait sa fortune !

Depuis longtemps on traitait les laines venant du Brésil, de

La Plata, pour les débarrasser des nombreux petits chardons qui y sont adhérents par le procédé dit de l'épaillage chimique. On les soumettait dans des cuves à l'action de l'eau légèrement acidulée, puis on les portait dans une étuve où on les soumettaient à une température assez élevée; les chardons tombaient en poussière, et il suffisait de battre la laine pour qu'elle fût pure. Il y avait à cette manière de faire un inconvénient. Cette laine ainsi traitée se peignait et se filait très mal. C'est alors que le pauvre diable de père Frezon eut cette idée véritablement géniale d'appliquer le procédé de l'épaillage chimique au drap lui-même complètement terminé: Pourquoi vous donner tant de mal disait-il aux industriels? « Peignez la laine avec ses chardons, puis vous la filerez avec ses chardons qui, par le filage même seront réduits en petits morceaux; lorsque vous l'aurez filée, vous confectionnerez du drap qui contiendra encore les petits morceaux de chardons. C'est ainsi que vous procédez quand vous traitez des laines peu chardonneuses. Dans ce cas, que faites-vous ensuite? Vous confiez votre drap à une épinceteuse; elle saisit avec une pince les petits chardons et les arrache, quelquefois elle fait un trou, alors une autre ouvrière fait un raccord. Tout cela peut être évité; « tissez votre drap avec votre laine remplie de chardons et quand votre drap sera fait, passez-le dans la cuve à eau acidulée, qui sert pour la laine brute; puis vous le soumettrez à l'étuve, où tous les chardons disparaîtront. Il n'y aura plus besoin d'épinceteuses, il n'y aura plus besoin de raccordeuses et votre drap sera purgé d'un seul coup de toute espèce de matières végétales! »

La première fois qu'il s'adressa à des fabricants, il ne sut les convaincre. Comment faire passer du drap terminé dans une cuve d'eau acidulée; le soumettre à l'étuve; vous plaisantez! Essayez, répondait-il. On ne voulait pas essayer; alors une grande Société, comprenant la valeur du procédé se mit à l'appliquer sur une grande échelle, sans se préoccuper du brevet de Frezon. Le père Frezon désolé, à peu près sans ressources, intenta un procès; il le gagna complètement à la suite d'un rapport d'experts qui lui fut entièrement favorable. Parmi les experts était un des vôtres, le célèbre Alcan.

Les experts constatèrent que par le procédé Frezon le drap était absolument purgé de ses impuretés, que le moyen était pratique, industriel. Le père Frezon gagna son procès devant la cour de Metz, qui proclama la validité de son brevet. Alors, armé de l'arrêt qu'il avait obtenu, il saisit à Sedan 1.500 pièces de drap, traitées au mépris de ses droits par son procédé; la

ville de Sedan tout entière fut un instant à sa discrétion. La justice ayant condamné tous les fabricants qui avaient appliqué sans droit son brevet, Frezon, de gueux qu'il était, se réveilla un jour millionnaire. Voilà un homme qui était pauvre, tout à fait pauvre, que la prise d'un brevet a enrichi; je me souviens que l'ingénieur qui l'avait amené chez moi, le laissant à la porte de mon cabinet, me disait: je crois qu'il n'y a rien à faire. Heureusement, il se trompait; le pauvre père Frezon put faire reconnaître ses droits, et, jusqu'à sa mort, il a, grâce à son brevet, touché peut-être 150 000 *f* de revenus par an. Aussi disait-il, à qui voulait l'entendre, que son brevet lui avait sauvé la vie, et lui avait apporté la fortune à lui et à ses enfants.

Il est certain que c'est une légende de dire que les inventeurs ne trouvent pas dans le brevet une protection efficace. Certes, il y a des brevetés qui sont malheureux; mais, le brevet, quand il a une valeur, enrichit, dans la plupart des cas, l'inventeur.

Néanmoins, tout n'est pas encore parfait, et il nous appartient de chercher à rendre la protection de la propriété industrielle encore plus efficace.

On a quelquefois pensé à d'autres systèmes pour remplacer le brevet d'invention; c'était la préoccupation de Michel Chevalier. L'inventeur, disait-il, n'invente pas pour lui, mais il invente pour la communauté, pour la collectivité; il ne doit pas être autorisé à tirer un profit personnel de son invention, il ne peut prétendre qu'à des récompenses nationales. Tous les ans, on aurait organisé des fêtes magnifiques où les inventeurs auraient été appelés et où on les aurait récompensés des progrès qu'ils avaient fait faire à l'industrie. Cette idée, propre à Michel Chevalier est manifestement inapplicable; comment trouver un jury pour peser les mérites des inventeurs et leur décerner ces récompenses, alors que actuellement les demandes de brevet atteignent dans notre pays 12.000 par an, et dans d'autres pays s'élèvent jusqu'à 25.000? Comment un jury pourrait-il discerner les véritables inventeurs et leur donner les prix correspondant à leur mérite? Songez, en outre, qu'il y a des inventeurs qui sont du sexe féminin. Il y a des inventeurs de corsets, de broderies; il serait à craindre que le jury désigné pour décerner les récompenses ne fût enclin à traiter, avec une bienveillance peut-être excessive, les créatrices des plus beaux corsets, des plus belles broderies et à les classer trop facilement au rang des bienfaiteurs de l'humanité. Concluons: le système des récompenses nationales est une pure utopie.

L'Angleterre, vous le savez, a été la première nation du monde qui ait possédé une loi sur les brevets d'invention, sa fameuse loi des Patentes est du XVII^e siècle et il est incontestable que la grandeur de l'industrie anglaise date du jour où la loi sur les patentes a été promulguée. Accordons à l'inventeur un brevet, un monopole temporaire, disaient ses promoteurs. Si l'invention est bonne, l'inventeur en profitera seul pendant un certain temps et ce sera justice; si elle n'est pas bonne, il n'en profitera pas plus que les autres et il n'y a nul inconvénient à lui accorder un brevet. Lorsqu'en 1883 on a voulu retoucher en Angleterre la législation sur les brevets, on a procédé à une vaste enquête, on a étudié tous les systèmes en vigueur dans les différents pays, tous ceux qui avaient été proposés y compris celui des récompenses nationales dont je vous entretenais à l'instant et la conclusion a été qu'il fallait conserver dans ses grandes lignes le système des brevets, qui avait fait ses preuves et auquel l'industrie anglaise était redevable d'un si grand essor. Aujourd'hui, le système des brevets est répandu partout. Nous voyons des petits pays tout à fait étonnants, établir des lois sur les brevets. Je ne veux pas parler ici du Japon qui doit, dès maintenant, être compté parmi les grandes nations civilisées; mais, la République Sud-Africaine a sa loi des brevets, le Congo a sa loi des brevets. D'autre part, les nations très civilisées, l'Angleterre, comme l'Autriche, comme l'Allemagne, ont refait, dans ces derniers temps, leurs lois sur les brevets, en s'efforçant d'y introduire toutes les améliorations indiquées par l'expérience et la pratique : en Allemagne, une loi sur les brevets est votée en 1877, sa mise en pratique révèle des inconvénients; aussitôt on se remet à l'œuvre et, dès 1891, une loi nouvelle venait remplacer la loi de 1877 jugée défectueuse. Puisque je vous parle de l'Allemagne, je dois vous signaler un fait qui a un grand intérêt pour la cause que je plaide auprès de vous. En Allemagne, il s'est formé, il y a quelques années, une Société allemande pour la protection de la propriété industrielle. Cette Société est rapidement devenue très puissante; elle compte à l'heure actuelle au moins 500 membres, parmi lesquels figurent les plus grands industriels de l'Allemagne, des grands ingénieurs qui tous ont à cœur de s'occuper de la propriété industrielle. Et telle est l'importance de cette Société, que le gouvernement n'a pas hésité à lui attribuer pour ses réunions, une salle dans les bureaux mêmes de l'administration impériale des brevets, et quand le Gouvernement veut faire quelques modifi-

cations aux lois sur la propriété industrielle, il a recours à cette Société et la consulte. C'est quelque chose d'analogue que nous avons eu la pensée de faire. Nous avons eu l'idée de grouper le plus grand nombre possible de personnes de bonne volonté pour étudier d'une façon suivie les questions relatives à la propriété industrielle. Ces questions apparaissent très intéressantes à ceux qui les étudient spécialement, mais elles sont, il faut bien le dire, inconnues du public. Cependant, par une coïncidence qui mérite d'être signalée, aujourd'hui même, il a paru dans le *Petit Journal*, sous la plume de Thomas Grimm, un grand article consacré à la propriété industrielle. Il faudrait faire cela tous les jours !

Tandis que toutes les nations qui nous environnent se sont, dans ces derniers temps, occupées à refaire leur législation, à corriger les erreurs, les fautes, les vices qui existaient dans leurs lois, la France est restée immobile. Elle avait, il faut bien le dire, une raison de rester immobile : la loi française sur les brevets, qui date du 5 juillet 1844, est, dans son ensemble, une loi que l'on peut qualifier d'admirable ; c'est une loi qui a été faite avec un soin particulier, par des hommes du plus haut mérite. A l'époque où elle a été préparée, les Chambres comptaient une foule de jurisconsultes éminents. A la Chambre des députés, le rapporteur de la loi fut Philippe Dupin ; le Président était Dupin aîné ; parmi les membres on comptait Marie, Bethmont, Crémieux, c'est-à-dire, tous les plus grands jurisconsultes de ce temps-là. Ces jurisconsultes ne dédaignaient pas de plaider les affaires de propriété industrielle, quand elles se présentaient devant les tribunaux. Bien qu'à cette époque ces affaires fussent peu fréquentes, ils connaissaient à merveille la matière, et les discussions auxquelles ils ont pris part devant la Chambre des députés peuvent être citées comme des modèles. Puis, à côté d'eux, il y avait encore à la Chambre d'illustres savants ; il y avait François Arago, qui ne se contentait pas comme astronome de chercher à découvrir les secrets des mondes, mais ne dédaignait pas de prendre part à la discussion des questions techniques ; il y prit part je ne dirai pas seulement avec talent, mais avec un véritable génie. A la Chambre des Pairs, siégeaient Biot et Gay-Lussac. Cette loi fut, je le répète, admirablement discutée, aussi a-t-elle servi de modèle à un très grand nombre de législations. C'est peut-être la raison qui a fait que notre loi française, véritablement très belle dans son ensemble, n'a pas été retouchée depuis 1844, c'est-à-dire depuis plus d'un demi-siècle ; comme toute œuvre humaine, elle comporte des

défauts et des imperfections, ce sont ces imperfections que nous voudrions faire disparaître.

Le premier point à signaler, c'est la question de la publication des brevets. Au moment où notre loi fut promulguée, il se prenait annuellement 700 ou 800 brevets; tout à l'heure, je vous ai montré qu'il s'en prenait maintenant 12 000 par an, et le nombre tend sans cesse à augmenter. Comment peut-on faire quand on veut consulter un brevet français? Quand on a besoin de savoir ce qui a été fait, d'étudier, comme l'on dit, le domaine public? Comment faire? Il y a deux façons : aller passer des journées entières au Ministère et consulter tous les brevets qui ont moins de quinze ans; pour les brevets antérieurs, faire la même chose au Conservatoire. C'est bien difficile! L'inventeur occupé, celui qui est obligé de gagner sa vie, ne peut pas passer ses journées dans les bureaux. Comment fera-t-il? La loi dit, dans un de ses articles, article 23 : « Les descriptions, dessins, etc., resteront, jusqu'à l'expiration des brevets, déposés au Ministère du Commerce, où ils seront communiqués, sans frais, à toute réquisition. » Avec un article aussi clair que celui-là, nulle contestation ne semblait possible; n'est-il pas étonnant alors que, pendant longtemps, quand on arrivait au Ministère et qu'on demandait à consulter un brevet, lorsqu'on tirait de sa poche un petit bout de crayon pour prendre une note, copier un passage ou un dessin, un employé arrivait disant : « On ne peut pas copier! » Pourquoi? Parce que la loi contient un autre paragraphe du même article 23, dans lequel il est dit : « Toute personne pourra obtenir à ses frais copie desdites descriptions et dessins suivant les formes qui seront déterminées dans le règlement rendu en exécution de l'article 50 ». Le règlement n'a jamais été fait, mais le prix de chaque description a été fixé à 25 *f* qui doivent être consignés en même temps que la demande. En conséquence, vous pouvez voir, regarder tout ce que vous voudrez; mais si vous mettez la main au crayon pour copier : Impossible! demandez une copie. J'ajoute que si l'Administration se montre maintenant plus tolérante et permet de copier au crayon les descriptions, elle entoure cette permission de nombreuses restrictions dues à l'amour de la réglementation qui anime volontiers les bureaux et aussi, il faut bien le dire, à la nécessité de prévenir autant que possible toute détérioration des documents confiés au public. Comment voulez-vous qu'un pauvre inventeur puisse donner 25 *f* pour une copie, et encore

rien que de la description, car, s'il y a des dessins, il faut encore en supporter les frais d'exécution.

A côté de l'article 23, dans la loi, il y a un article 24 d'après lequel : « Après le paiement de la deuxième annuité, les descriptions et dessins seront publiés, soit textuellement, soit par extrait. » Lorsqu'on a discuté la loi devant la Chambre, Bethmont intervint et protesta contre l'expression par extrait. « Qui est-ce qui fera l'extrait ? disait-il, qui en sera juge. » « Par extrait, répondit le rapporteur, cela veut dire que pour les brevets qui apparaîtront, à première vue, déraisonnables on en donnera un petit extrait, mais les autres seront publiés textuellement. » La loi est votée, comment fait l'Administration ? Ah ! l'Administration ne fait pas comme l'expliquait le rapporteur; elle fait des extraits même des brevets les plus importants. En conséquence, il y a des brevets qui n'apparaissent, dans la publication du Ministère que par une ligne, par le titre du brevet; puis, d'autres qui apparaissent par un court extrait, d'autres enfin sont donnés en entier; et de tous les brevets, on en publie à peu près, dans cette forme, un cinquième ; un cinquième des brevets! les autres sont dédaignés. On les publie dans un format in-quarto énorme; cet amas de brevets coûte 10 *f*, 15 *f*, suivant sa grosseur. Et quant aux dessins, oh! Messieurs, ils sont gravés imperceptiblement. Ceux qui s'occupent de leur impression sont assurément des gens soigneux qui ne perdent pas de place; ils enchevêtrent les dessins les uns dans les autres sans laisser aucun blanc, si bien que les planches sont à peu près illisibles. Cette publication, tirée d'ailleurs à très peu d'exemplaires qui vont s'enfouir dans les ministères et dans les préfectures, ne rend aucun service et on ne l'achète pour ainsi dire pas; et cela coûte environ 140 000 *f* par an : voilà comment les choses se passent. Le Syndicat des Ingénieurs-Conseils proteste depuis longtemps contre un tel état de choses : il n'a pas obtenu gain de cause auprès du gouvernement. La section française de l'Association internationale pour la protection de la propriété industrielle n'a pas été plus heureuse et cependant, j'appelle votre attention sur ce fait, Messieurs, c'est là une réforme nécessaire, urgente, et dont la réalisation est à notre sens d'une simplicité vraiment extraordinaire.

Si, en effet, nous nous mettons à la fenêtre pour regarder ce qui se passe à l'étranger; voici ce que nous y voyons. Dans presque tous les pays, dans tous les pays industriels, aussitôt qu'un brevet est déposé il est imprimé avec ses

dessins, et est mis en vente à un prix tout à fait modique.

C'est ainsi, par exemple, qu'en Allemagne, le brevet, si long qu'il soit, si compliqués que soient les dessins, coûte 1 marc, cela fait 1,20 *f*. En Angleterre, c'est encore moins cher : tout brevet coûte 1,80 *f*, et ce prix comprend le port gratuit dans toute l'Angleterre. En Russie, cela coûte 20 copecks à peu près 0,80 *f*. En Suisse, 1 *f* et seulement 0,50 *f* par abonnement.

Quant au document remis à l'inventeur pour constituer son titre, c'est un exemplaire du brevet imprimé revêtu du sceau de l'État.

Voilà comment cela se pratique partout. Pourquoi pas en France? Est-ce que vraiment il y a des difficultés insurmontables? Quelles sont-elles? Première difficulté. On dit : « Regardez donc la loi. Elle porte que les brevets doivent être publiés soit textuellement, soit par extrait. Donc, il y a nécessité, pour que les brevets puissent être intégralement publiés, de modifier la loi ». Or, je vous rappelais tout à l'heure que la publication par extrait dans la pensée du rapporteur ne devait s'appliquer qu'aux brevets manifestement déraisonnables. S'il n'y a pas de brevets déraisonnables, tous devront alors être publiés textuellement; par conséquent, on ne peut pas vraiment dire qu'il faille toucher à la loi, elle autorise la publication intégrale, elle la souhaite. D'autre part, on dit : « la loi indique que la publication doit avoir lieu deux années après la prise du brevet. Il faut donc attendre deux années. » Est-ce que vous croyez que c'est une nécessité? La loi a dit deux années parce que, au moment de la préparation de la loi de 1844, un premier projet accordait à l'inventeur le droit de prendre un brevet provisoire, le protégeant pendant deux années, c'était quelque chose d'analogue au caveat des Américains, d'où l'idée d'attendre pour la publication que le brevet fût devenu définitif. Le système des brevets provisoires n'a pas été admis, mais le délai de deux ans est resté inscrit dans la loi. Il peut d'ailleurs s'interpréter aussi bien comme désignant le délai extrême dans lequel la publication devait être effectuée!

Mais supposons, au pis aller, qu'il faille toucher à la loi, croyez-vous vraiment que si un ministre prenait la question à cœur et s'il apportait à la Chambre un projet modifiant sur ce point la loi de 1844, il y rencontrerait une invincible opposition? Je ne le pense pas. Par conséquent, je crois que ce sont là des objections qui peuvent être laissées de côté. Mais les adversaires de la réforme ne se tiennent pas pour battus : « Pour reproduire

pratiquement et économiquement les dessins, disent-ils, il faudrait qu'ils fussent faits sur un papier spécial, de façon à permettre l'emploi de la photographie. Or, la loi n'a rien dit. » Elle indique simplement que les dessins seront tracés à l'encre et suivant échelle métrique, elle n'a pas parlé d'encre spéciale, de format déterminé, etc. Remarquez que la loi de 1844 est une loi simple, précise, sobre de détails, une loi bien faite en un mot. On pensait alors, quand on préparait une loi, que ceux qui la discutaient pouvaient ne pas prévoir tous les cas et on laissait à l'Administration le soin d'en régler les détails d'appréciation; aussi trouve-t-on un article 50 qui autorise et prescrit la confection d'un règlement d'administration publique pour pourvoir aux lacunes de détail de la loi. Il n'y a jamais eu de règlement d'administration publique; qu'on en fasse un pour régler le mode de confection des dessins, les formats, il est encore temps. Ce ne sera pas d'ailleurs chose nouvelle en matière de propriété industrielle. La loi de 1857 spécifiait que les marques de fabrique devaient être déposées en deux exemplaires, et plus tard, le nombre a été élevé à trois par une loi; mais elle ne donnait aucun détail sur la manière d'effectuer le dépôt, les dimensions des marques à déposer. Un règlement d'administration publique y a pourvu. Par conséquent, on fera un règlement d'administration publique pour dire comment les dépôts des brevets devront être faits, au point de vue des dessins, et il n'y aura pas besoin de toucher à la loi. Concluons : toutes ces objections sont des objections qui ne doivent arrêter personne, et, dans tous les cas, ne doivent pas arrêter les gens qui pensent que la publication des brevets est une réforme nécessaire, et que la France ne peut rester sur ce point aussi en arrière sur les autres nations.

Mais, il y a une question bien autrement grave : la question budgétaire. Ah ! la question budgétaire ! Voilà la difficulté ! Pour la publication dont je parlais tout à l'heure, qui n'est achetée par personne et ne sert à rien, absolument à rien, on dépense annuellement 140 000 *f* et même, j'oubliais de vous le dire, la publication est actuellement arrêtée en 1895, de sorte qu'on a un retard de quatre années, pour ne publier qu'un cinquième des brevets! Pour obtenir la publication immédiate et intégrale des brevets par fascicules séparés, si on calcule bien, on voit que cela coûtera à peu près 500 000 *f* par an au lieu des 140 000 gâchés, on peut le dire, à l'heure actuelle. Est-ce là une somme impossible à trouver ?

Si nous regardons encore à l'étranger, nous voyons qu'en Angleterre, où il y a plus de brevets qu'en France (le nombre des brevets déposés atteint 25 000 par an, et, en défalquant les brevets provisoires, 16 000 à 17 000), le coût de l'impression est de 675 000 *f*. Les recettes du gouvernement anglais pour la vente de ces brevets sont de 195 000 *f*. Il y a donc un déficit considérable. Cela n'est pas un obstacle : les Anglais, en considération de l'utilité qu'en retirent les industriels, n'hésitent pas à voter les crédits nécessaires. Et la Suisse, qui, quoique petite, est un grand pays, aux idées larges et généreuses, a reconnu, elle aussi, qu'il y avait intérêt majeur à faire la publication des brevets; on y prend environ 3 000 brevets par an, pour leur publication elle dépense un peu plus de 70 000 *f*, alors que le produit des ventes n'est que de 3 000 *f*. Cela ne l'arrête pas.

En France, il s'est présenté des sociétés privées qui ont dit : Donnez-nous les 140 000 *f* de subvention et nous nous chargeons de tout publier. Comment voulez-vous faire? répondent les bureaux. D'abord, nous développerons la vente de ces brochures, nous les répandrons, nous aurons des abonnés et nous croyons que nous pourrons arriver à couvrir largement nos frais. D'autre part, nous ferons une couverture sur laquelle il y aura des annonces. Des annonces ! dit le Ministère; c'est grave ! Cela engage le gouvernement. Oui, mais l'Administration aura toujours le droit de regarder ces annonces, de les contrôler. Cela ne fait rien : des annonces, c'est bien grave ! Si bien que voilà l'industrie privée qui ne demande que la subvention inscrite annuellement au budget, pour assurer le service et on l'écarte. C'est qu'alors, arrive l'Imprimerie Nationale qui dit : C'est mon privilège. Tout ce qui s'imprime pour les Ministères doit s'imprimer à l'Imprimerie Nationale. Cela semble exact dans l'ordre de choses actuel. Or, l'Imprimerie Nationale, cela est manifeste, ne peut réaliser l'impression totale pour 140 000 *f*; on ne peut confier cette publication à l'industrie privée; on en est là. J'ajoute cependant qu'il semble difficile, d'après ce qui se passe à l'étranger, d'arriver par la vente des fascicules au public, à couvrir les frais de la publication et qu'à mon avis, ceux qui se faisaient fort d'effectuer la publication intégrale avec la seule subvention et les bénéfices de la vente des brevets se faisaient de dangereuses illusions.

La conclusion, c'est qu'il faut trouver de l'argent, 360 000 *f* environ. Or, les taxes des brevets produisent annuellement 3 200 000 *f*; par conséquent, même en prélevant 500 000 *f* pour la publication,

il reste encore un boni pour l'État. Si les services de l'État étaient autonomes et avaient chacun leur propre budget, cela serait fait depuis longtemps. Mais, en France, le budget ne s'établit pas comme cela ; il est commun à tous les services, c'est un grand trou dans lequel on met toutes les recettes, et alors quand on vient dire au gouvernement : laissez-nous prendre 500 000 *f* pour notre publication, elle est nécessaire. On répond : Oh ! le budget général est difficile à équilibrer (nous en savons tous quelque chose), par conséquent, on échouerait en demandant aux Chambres une élévation de crédit. La situation est la suivante : les brevets rapportent plus de trois millions de francs à l'État, sur lesquels il est impossible de prélever l'argent nécessaire pour les publier. Il y a vingt ans que cela dure, sans qu'il soit possible de convaincre, je ne dirai pas les ministres, que l'on convainct tous les uns après les autres, mais les ministères. S'il fallait absolument trouver quelque moyen d'augmenter encore les recettes, on pourrait, on l'a proposé et l'idée me paraît bonne, obliger les inventeurs à écrire leur description sur papier timbré. J'y verrais pour moi deux avantages : d'abord, cela ferait vendre du papier timbré ; d'ou un bénéfice pour l'État que l'on peut évaluer à 50000 ou 60000 *f*, car on prendrait le grand format naturellement, puis, les inventeurs qui sont volontiers prolixes, et mettent quelquefois dix pages avant d'arriver à ce qui est essentiel, s'il fallait consigner leurs idées sur papier timbré, seraient plus courts et les brevets y gagneraient beaucoup. Dans ces conditions, il n'y aurait plus que 300,000 *f* à trouver.

Voilà l'état de la question en ce qui concerne la publication des brevets. C'est la première réforme à laquelle l'*Association française pour la Protection de la Propriété industrielle* devra s'attacher, la plus urgente, celle que les inventeurs et les industriels attendent avec impatience. Car, à l'heure actuelle, quand il existe simultanément un brevet français et étranger, anglais, par exemple, ils sont conduits à faire venir, au lieu et place du brevet français, le brevet anglais et à demander ainsi à l'étranger ce qu'ils n'ont pas en France. Ils y gagnent en temps et en économie. L'honorable Président de l'Association des Inventeurs et Artistes industriels rappelait récemment dans un discours qu'on avait fait le calcul du prix que coûterait en France l'achat des descriptions des principaux brevets relatifs aux pianos on arrivait à une somme de plus de 1 000 *f* non compris les dessins, tandis qu'on ne dépenserait pas 50 *f* pour se procurer la même collection en Allemagne ou en Angleterre.

Je vous demande votre bienveillant appui, pour que nous fas-

sions une manifestation importante, afin d'obtenir des bureaux du Ministère et du Parlement cette publication, et que nous arrivions enfin à notre tour à mettre à la disposition de nos inventeurs et de nos industriels les descriptions des brevets dans des conditions de bon marché suffisantes.

Une deuxième question, qui est pour moi aussi intéressante que celle-là, est celle qui touche à l'article 32 de la loi de 1844. Cet article 32 dit : « Sera déchu de tous ses droits le breveté qui » n'aura pas acquitté son annuité avant le commencement de » chacune des années de la durée de son brevet. » Les tribunaux ont déclaré que le commencement de chacune des années du brevet c'était le jour anniversaire du brevet; par conséquent, pour le brevet pris le 30 juin, l'annuité doit être payée au plus tard le jour correspondant à l'anniversaire, c'est-à-dire le 30 juin 1900. Mais si l'on oublie, si l'on est en voyage, si l'on est auprès de sa femme ou de son enfant très malade, si l'on est soi-même malade, dans l'impossibilité de s'occuper de ses affaires, qu'arrive-t-il si on ne paie pas à l'échéance, si l'on paie le lendemain, par exemple? Le lendemain, c'est trop tard ! le brevet est irrémédiablement perdu, sans qu'il y ait rien à faire. Ah ! j'en ai vu de ces malheureux arriver chez moi, disant : « Monsieur, je n'ai pas pu, j'étais dans l'impossibilité de payer, que faire »? — Rien ! votre brevet est perdu. Quand il s'agit d'un inventeur qui a de la fortune, on peut éviter le danger : — Au moment de verser votre première annuité, leur dis-je, payez deux annuités à la fois et vous aurez toujours une année d'avance devant vous et, de cette façon, vous pourrez oublier de payer à la date voulue sans encourir la déchéance immédiate, vous avez un an pour y songer. Mais, que d'inventeurs ne peuvent payer deux annuités, surtout au commencement, quand le brevet ne donne rien, qu'il n'est encore qu'une espérance ! La question a été plusieurs fois soumise aux tribunaux, notamment, je m'en souviens, il y a bien longtemps, par un nommé Louis ; il avait un brevet très important. Vers l'époque à laquelle son annuité devait être payée, il perd la raison, il devient fou. Sa femme oublie de payer l'annuité, et quand elle y pense il est trop tard, le brevet était déchu ! On alla devant les tribunaux : on invoquait la force majeure. On perdit en première instance, on perdit devant la Cour de Paris, qui déclara que l'annuité n'ayant pas été payée, le brevet était irrémédiablement déchu. La question a été portée devant la Cour de Cassation. La Cour décide que la doctrine de la Cour

de Paris n'est pas juridique, que certainement la force majeure peut être invoquée dans tous les cas, même en matière de paiement d'une annuité, que, par suite, la Cour de Paris a mal jugé. Il est certain, dit-elle, qu'on a le droit de payer son annuité en retard, quand on a été empêché de la payer par cas de force majeure ; en droit, c'est irréfutable. Oui, mais en fait ? Cet homme-là était malade, il était fou ; alors, la Cour de Cassation délibère et rend cet arrêt, que je vous recommande, qui est une merveille de philosophie : elle dit qu'une maladie est un de ces événements qui doivent entrer dans les prévisions humaines et contre lesquels l'homme prudent se met en garde. En conséquence, elle rejette le pourvoi. Ainsi, Messieurs, il est admis que la maladie n'est pas un cas de force majeure, même si c'est la folie ; donc vous devez vous dire que la maladie doit entrer dans les prévisions humaines et que l'homme prudent doit se mettre en garde contre elle. Voilà la législation ! Mais, c'est barbare ! Combien en ai-je vu, de ces malheureux inventeurs n'ayant pas pu payer leur annuité, pleurant chez moi, et rien à faire, absolument rien à faire ! et cela dans un pays comme le nôtre !

Eh bien, Messieurs, si nous procédons comme tout à l'heure, si nous regardons encore par la fenêtre ce qui se passe dans les autres pays, que voyons-nous ? Il n'y a pour ainsi dire pas un pays qui ait maintenu, écrite dans la loi, une telle cause de déchéance ; on ne pourrait guère citer, je crois, que la Russie et la Turquie ; mais, dans les autres pays, que fait-on ? En Suisse, on donne pour payer un délai de trois mois après l'échéance et, comme en Suisse il n'y a pas un très grand nombre de brevets, le Bureau Fédéral avertit l'inventeur que la taxe est échue. En France, quand il s'agit d'impositions, on sait bien envoyer un avertissement aux retardataires, que ne le fait-on pour les brevets, il n'y a pas là un obstacle ? En Suisse donc, quand l'échéance est passée, on a encore trois mois et, de plus, on est averti. En Suède et Norvège, on a trois mois, avec majoration de 5 0/0 du montant de la taxe à payer. C'est parfait ; il est juste que l'inventeur paie dans une certaine mesure la faveur qui lui est faite. En Italie, de même : un délai de trois mois, avec une petite majoration de taxe. En Angleterre, toujours trois mois, avec taxe supplémentaire : 1 livre le premier mois, 3 livres le deuxième mois, 5 livres pour le troisième mois. En Danemark, délai de trois mois, avec majoration de 1/5 de la taxe ; la Commission des brevets envoie un avis préalable. En Belgique, délai d'un mois ; un avertisse-

ment est envoyé au breveté, qui peut payer dans les six mois, avec amende de 10 *f.* En Autriche, dans la loi nouvelle de 1897, il y a un délai de trois mois avec taxe additionnelle de 5 florins. En Allemagne, délai de six semaines sans amende; puis, nouveau délai de six semaines avec taxe additionnelle de 6 marcs. La loi allemande ajoute même que le breveté qui prouve son indigence peut obtenir un délai de trois ans pour payer, et même remise définitive de la taxe si le brevet devait s'éteindre dans le cours de la troisième année. Ainsi, la loi allemande de 1891 va jusqu'à permettre d'accorder un délai de trois ans à l'inventeur pauvre, et si, par malheur, son brevet devait périr dans le cours de la troisième année, on lui fait remise complète de la taxe.

Ici, en France, les habitudes administratives ajoutent encore à la rigueur déjà excessive de la loi, les bureaux ferment à quatre heures. MM. les employés des Ministères, qui arrivent vers dix heures, se font les ongles, prennent leur café à midi, commencent à mettre leurs souliers sur les trois heures, à quatre heures précises les voilà partis.

L'inventeur arrive pour payer son annuité, tous les bureaux sont fermés. Que faire? Rien! On a tenté parfois de faire constater par huissier qu'on s'est présenté pour payer le jour même de l'échéance avant la fin de la journée, mais qu'on n'a pu payer, les bureaux étant fermés : la déchéance a été prononcée! D'autres avaient payé en envoyant un mandat par lettre recommandée; le talon du mandat avait beau indiquer que le paiement avait eu lieu avant l'échéance, cela n'a pas suffi, on a prétendu exiger que la lettre fût arrivée entre les mains du receveur central avant la fermeture des bureaux. Oui, disait-on, vous présentez bien le reçu de l'Administration des Postes, mais celui de la recette, où est-il? Voilà où nous en sommes, c'est abominable!

Comment, dans un pays si indulgent, si bon, si humain qu'est le nôtre, une déchéance si barbare peut-elle subsister encore? Est-ce que, véritablement, la loi française devrait être si dure que cela pour les inventeurs?

Voilà deux réformes qu'on sollicite en vain depuis bien des années; je vous demande de joindre votre influence à la nôtre et de faire tous vos efforts avec nous pour que nous obtenions et la publication intégrale des brevets et un délai pour les inventeurs en cas de non-paiement de la taxe.

Il est encore une réforme bien dérivable que je voudrais vous signaler. Dans notre pays, nous voyons préconiser l'impôt pro-

gressif, l'impôt progressif sur le revenu, sur les successions ; on dit, peut-être avec raison, que ceux qui ont plus doivent payer, proportionnellement, un peu plus que ceux qui ont moins. Eh bien, pourquoi ne pas introduire la progression dans les taxes en matière de brevets. Dans la plupart des autres pays, la taxe est progressive ; elle est petite au début, et quand on arrive à la fin du brevet, elle augmente dans une large proportion. C'est ainsi qu'en Allemagne, par exemple, on paie, au commencement, 30 marcs, soit 37,50 *f*, puis, la seconde année, 50 marcs ; cela va en augmentant jusqu'à la dernière année, où l'on paie 700 marcs, le total des annuités s'élève à 5 280 marcs, c'est-à-dire, 6 600 *f*. En Belgique, c'est la même chose : la taxe part de 10 *f* pour s'élever jusqu'à 200 *f* pour la vingtième année. De même en Danemark, en Espagne, en Italie. En Grande-Bretagne, pour le brevet provisoire, on paie une livre, c'est-à-dire 25 *f* ; puis on paie 3 livres pour la patente définitive et l'on n'a plus rien à verser jusqu'à la fin de la quatrième année ; à partir de la cinquième année, les annuités sont de 5 livres, puis 6, etc., si bien qu'on arrive à payer, la dernière année, 14 livres. Ce qui se passe là se passe au Luxembourg, en Suède, en Russie, en Suisse ; partout, la taxe est progressive. Quand on ne sait pas encore ce que le brevet pourra donner, on paie peu ; et, plus tard, lorsque l'inventeur réalise des bénéfices, on lui impose une taxe plus élevée. C'est un système qui me paraît tout à fait bon. Si la progression a une raison d'être, c'est surtout en matière de taxe de brevets. Par conséquent, je crois que c'est encore une chose à recommander aux pouvoirs publics.

Mais, pour moi, la réforme à obtenir à bref délai, c'est la publication intégrale des brevets, avec leurs dessins par fascicules séparés, et aussi la suppression de la déchéance par non-paiement de l'annuité à l'échéance. Il ne faut pas que l'inventeur soit brutalement dépouillé parce que, par suite d'une maladie ou même d'un oubli, il n'aura pas payé à l'échéance l'annuité de son brevet.

Je ne veux pas, Messieurs, énumérer toutes les réformes qui pourraient être apportées à notre législation en matière de Propriété industrielle ; mais, vous voyez par l'échantillon que je vous donne combien le sujet est vaste et intéressant. Cela n'empêche pas, d'ailleurs, que notre loi, dans son ensemble, ne soit véritablement excellente ; c'est elle qui a donné la définition la meilleure qu'on ait trouvée de l'invention lorsque, dans son article 2, elle dispose que l'invention peut consister soit dans

un produit nouveau, soit dans de nouveaux moyens ou l'application nouvelle de moyens connus pour obtenir un résultat ou un produit industriel ; on ne trouve cela nulle part. Sur ce point, notre législation n'a pas à être changée. Il n'y a que des modifications de détail à lui apporter, c'est pour y réussir que je fais appel à votre grande *Société des Ingénieurs Civils de France*, elle peut nous aider, dans une large mesure, à obtenir, en agissant avec nous auprès du Gouvernement et du Parlement, les réformes bien simples dont je vous ai parlé.

J'en aurais fini, Messieurs, si je ne voulais revenir d'un mot sur le rôle dévolu à l'*Association française pour la protection de la propriété industrielle.*

Tandis que l'Association internationale pour la protection de la propriété industrielle, et la Convention internationale de 1883, ont pour but de chercher à unifier les diverses législations et étudient les questions au point de vue international, l'*Association française pour la protection de la propriété industrielle* ne s'en occupe qu'au point de vue *français*.

Notre Association n'a pas pour mission de concilier la loi française avec les lois étrangères, elle n'a pas de concession à leur faire. Elle doit se placer *exclusivement au point de vue français*. Nous sommes, je le répète, Français et bien Français. Je vous parlais tout à l'heure de ces grands industriels allemands qui sont à la tête de l'Association allemande pour la protection de la propriété industrielle ; faites comme eux, Messieurs, venez à l'Association française, venez-y nombreux, vous jugerez alors notre conduite : comme ces délégués de la Convention auprès des généraux qui conduisaient les armées, vous verrez ce que nous faisons, et si nous vous paraissions un jour manquer de patriotisme, si nous songions à proposer des mesures qui vous paraîtraient préjudiciables aux intérêts français, alors vous nous arrêteriez. Nous appelons de nos vœux votre contrôle, ou plutôt nous vous demandons votre concours, nous vous demandons l'appui de vos grandes personnalités pour seconder nos efforts, pour agir auprès des pouvoirs publics afin d'effacer les petites taches qui déparent notre loi si belle, si parfaite dans son ensemble, et de la mettre à la hauteur des législations étrangères les plus récentes.

Messieurs, voilà ce que j'avais à vous dire : nous sommes de braves gens, des hommes de bonne volonté, venez à nous, nous travaillerons ensemble pour nos inventeurs, par notre industrie nationale.

LA MARINE MARCHANDE

PAR

M. J. FLEURY

On n'ouvre plus un livre ou un document officiel s'occupant de la marine marchande de notre pays sans que, douloureusement, les yeux ne soient frappés par le mot de décadence écrit dès les premières lignes.

La décadence de la marine marchande est, en effet, devenue une sorte de lieu commun, d'affirmation indiscutable, et les faits, il faut bien en convenir, ne la justifient que trop en ce moment.

Les intéressés, c'est-à-dire les commerçants et les industriels, les armateurs, les constructeurs ont manifesté, à cet égard, les anxiétés les plus vives. Les chambres de commerce, les chambres syndicales, ont tenu de nombreuses délibérations, l'opinion publique elle-même éprouve une réelle émotion, et le gouvernement, à son tour, a pris part, depuis deux ans, surtout, à la préoccupation générale. Deux grandes Commissions ont été constituées, l'une au Ministère de la Marine, l'autre au Ministère du Commerce, qui ne sont pas restées inactives, et le résultat de leurs travaux va, dit-on, aboutir à des propositions qui seront prochainement portées au Parlement.

Il a semblé que la Société des Ingénieurs Civils ne devait pas rester étrangère à une situation qui intéresse plusieurs de nos grandes industries, et c'est ce qui m'a porté à lui demander la permission de lui soumettre quelques considérations sur ce sujet.

I

Il convient, tout d'abord, de bien délimiter le sujet

L'industrie de l'*armement maritime* est essentiellement l'industrie des transports par la voie de mer. Comme tout transporteur, l'armateur possède un certain matériel. Ce matériel est le navire, et par *marine marchande*, on ne devrait entendre que l'ensemble des navires qui constituent la flotte commerciale d'un pays.

Mais, en réalité, l'acception de l'expression *marine marchande* est plus étendue. Dans la langue officielle, comme dans la langue courante, l'expression de marine marchande désigne généralement non seulement le navire lui-même, mais encore l'usage qui en est fait, c'est-à-dire le transport des marchandises et la navigation proprement dite, qui constitue l'industrie de l'armement maritime.

Cette définition préalable et nécessaire, une fois posée, on voit que les yachts et autres navires de plaisance, qui ne se livrent pas à des opérations de transport, ne font pas partie de ce que nous appellerons désormais la *marine marchande.*

Il ne faut pas non plus y faire rentrer les navires et autres bâtiments, grands ou petits, qui se livrent exclusivement à la pêche, soit à la pêche côtière, soit aux grandes pêches lointaines, celles de la morue, du phoque, et, si on la faisait encore, la pêche de la baleine et des autres grands cétacés. Ce sont là des industries spéciales : leurs navires, pas plus que les précédents, ne sont des instruments de transport.

Enfin, il y a une sorte de navigation qui est bien employée au transport, mais à laquelle, en raison des conditions spéciales dans lesquelles elle s'exerce, ne doivent pas s'appliquer les considérations qui vont nous occuper ; c'est le *cabotage.*

Le *cabotage* est à la navigation maritime à peu près ce que le chemin de fer d'intérêt local est au chemin de fer d'intérêt général.

Tandis que la navigation maritime est essentiellement consacrée aux relations internationales, le caboteur navigue exclusivement d'un port français à un port français. On a, par extension, rattaché au cabotage la navigation des pêcheries de Terre-Neuve, et plus récemment, le 2 avril 1889, celle de l'Algérie (1).

La condition caractéristique et on peut dire constitutive du cabotage en France c'est qu'il est exclusivement réservé au Pavillon National. Les navires étrangers ne sont pas admis à faire le transport des marchandises ou des passagers entre deux ports français. Il n'y a qu'une seule exception : elle est faite en faveur du pavillon monégasque, dont la modeste importance n'a pas jusqu'ici inquiété nos caboteurs nationaux.

Ils n'ont d'autres concurrents que les chemins de fer et la navigation intérieure. Et encore certaines coutumes se sont introduites dans les régions administratives qui font que pour tout

(1) Loi du 30 janvier 1893; art. 1er : sont réputés voyages au cabotage français ceux qui se font de port français à port français, y compris ceux de l'Algérie.

tarif de chemin de fer, applicable à des directions pouvant concurrencer le cabotage, l'homologation n'est accordée que si les prix du chemin de fer paraissent devoir être de 20 0/0 environ, plus élevés que ceux du cabotage. La même règle limitative est d'ailleurs appliquée aux tarifs qui seraient de nature à permettre aux chemins de fer de faire concurrence à la batellerie. Par un singulier renversement des choses la batellerie et le cabotage ont cessé d'être les modérateurs des prix des chemins de fer. C'est le contraire qui se produit. Au moins le voudrait-on, car on ne voit pas le moyen d'établir exactement cette proportionnalité de 20 0/0 entre les tarifs de chemins de fer et les frets essentiellement variables, et toujours fort difficiles à connaître, du batelier ou du caboteur.

Quoi qu'il en soit, et pour en finir avec lui, disons qu'en dépit du privilège qui l'abrite le cabotage n'a qu'un mouvement limité.

De 1891 à 1897 son importance s'est cependant accrue de 11,50 0/0 (1). Mais il n'est certainement pas intervenu pour un vingtième dans l'ensemble des transports intérieurs du pays (2).

(1) MOUVEMENT DU CABOTAGE FRANÇAIS D'APRÈS LES TABLEAUX DE L'ADMINISTRATION DES DOUANES.

Nombre d'entrées.

ANNÉES	NAVIRES CHARGÉS		NAVIRES SUR LEST		NAVIRES CHARGÉS OU NON	
	NOMBRE	TONNAGE (en 1 000 *tx*)	NOMBRE	TONNAGE (en 1 000 *tx*)	NOMBRE	TONNAGE (en 1 000 *tx*)
1897. . . .	53 961	5 934	17 452	975	71 413	6 909 (*)
1891. . . .	52 361	5 129	15 337	987	65 698	6 116

(*) Accroissement du tonnage : 11,50 0/0.

Les sorties sont en nombre à peu près égal.

(2) TRANSPORTS EN TONNES ABSOLUES, A TOUTES DISTANCES, EN 1897.

Par chemins de fer :

Voyageurs. . .	Intérêt général. . . .	375 000 000		
	Intérêt local.	23 000 000		
	Ensemble. . . .	398 000 000		
Marchandises. .	Intérêt général. . . .	108 400 000		
	Intérêt local.	5 113 000		
	Ensemble. . . .	114 000 000	114 000 000	75 0/0
Canaux et rivières			30 000 000	20 0/0
Cabotage (approximativement)			6 000 000	5 0/0
Tonnage et transports intérieurs en 1897			150 000 000	

II

La navigation internationale, — celle qui correspond à ce que nous considérons plus particulièrement au point de vue qui nous occupe, comme étant l'affectation principale de la marine marchande, — cette grande navigation a une importance considérable.

Pour éviter tout de suite toute confusion de mots disons qu'en France les règlements spéciaux partagent la navigation internationale en deux grandes catégories : le *cabotage international*, qui désigne la navigation s'exerçant dans les mers d'Europe, y compris la Méditerranée et la mer Noire, jusqu'aux Canaries, au sud, et l'Islande au nord (1), et la *navigation au long cours*, qui comprend les relations avec le reste du monde (2).

Mais au point de vue qui nous occupe, ces deux navigations sont soumises au même régime, et il n'y a aucune distinction à faire. L'industrie qui se livre à ces deux genres de navigation constitue ce que nous sommes convenus d'appeler la *marine marchande*.

III

Les échanges de peuple à peuple sont l'objet propre de la marine marchande. Ces échanges ont une très grande importance. Les statisticiens anglais évaluaient à 87 milliards de francs environ la valeur des marchandises qui ont fait l'objet du commerce extérieur universel en 1897.

Cette évaluation a sans doute un côté hypothétique, mais elle donne une idée de l'importance des transactions de peuple à peuple.

La plus grande partie, plus des 3/4 des marchandises, s'échange par la voie de mer ; soit une valeur de 64 à 65 milliards de francs qui a été transportée par la flotte commerciale universelle.

Sans doute, s'agissant de transports, il serait intéressant de pouvoir traduire cette valeur en poids. Mais cette conversion est

(1) Loi du 30 janvier 1893, art. 1er, § 2 : sont réputés voyages au *cabotage international* ceux qui se font en deçà des limites assignées aux voyages au long cours, s'ils ont lieu entre les ports français, y compris ceux de l'Algérie et les ports étrangers, ainsi qu'entre les ports étrangers.

(2) Sont réputés voyages au *long cours* ceux qui se font au delà des limites ci-après déterminées : au sud, le 30e degré de latitude N. ; au nord, le 72e degré de latitude N. ; à l'ouest, le 15e degré de longitude Paris ; à l'est, le 44e degré de longitude Paris. — Loi du 14 juin 1854.

à peu près impossible à faire. Les statistiques douanières des différentes nations ne sont pas tenues de façon identique et, en outre, dans chacune, les marchandises sont évaluées tantôt au poids, tantôt au volume, tantôt au nombre. Il n'y a plus, dès lors, que les valeurs qui puissent être totalisées.

On doit pressentir, d'après ce qui a été dit plus haut, qu'un pays offrira d'autant plus d'intérêt aux entreprises de transport maritime, en général, qu'il aura un commerce extérieur plus important. Il est utile de faire, à cet égard, quelques rapprochements dignes, semble-t-il, d'attention.

Dans le tableau ci-dessous et dans le diagramme qui l'accompagne, et qui n'en est que la figuration, je présente les situations comparatives en 1891 et 1897 du commerce extérieur (entrées et sorties réunies) des principales nations commerçantes. J'ai pris ces deux termes de comparaison pour le motif suivant : d'une part, 1891 est l'année qui a précédé l'établissement du régime douanier français actuel ; c'est un an après, en janvier 1893, qu'est entrée en vigueur la loi qui régit actuellement les conditions économiques de la marine marchande et de la construction navale. 1897 est la dernière année sur laquelle j'ai pu me procurer des renseignements statistiques complets. De la comparaison découlent quelques constatations de faits qu'il est raisonnable d'attribuer à l'influence du régime inauguré cinq ans avant.

TABLEAU N° 1. — **Mouvement commercial.**
(Entrées et sorties réunies, 1891-1897).
(Les sommes sont exprimées en millions de francs.)

PAYS	1897	1891	ACCROISSEMENT OU DÉCROISSANCE		IMPORTANCE par RAPPORT au commerce anglais (1897) 0/0
			Absolu	0/0	
Iles Britanniques	20 300	18 800	+ 1 500	+ 7,98	»
Allemagne	10 381	10 143	+ 238	+ 2,34	51,13
France	9 940	10 669	— 729	— 6,83	48,95
États-Unis	9 770	9 168	+ 602	+ 6,57	48,12
Hollande	6 679	5 246	+ 1 433	+ 27,31	32,90
Belgique	5 928	5 966	— 38	— 0,63	29,20
Italie	4 406	2 149	+ 257	+ 11,95	11,84
Suisse	2 261	2 169	+ 92	+ 4,24	11,13
Espagne	1 764	1 904	— 140	— 7,35	8,68
Suède et Norvège	1 503	1 377	+ 126	+ 9,15	7,40

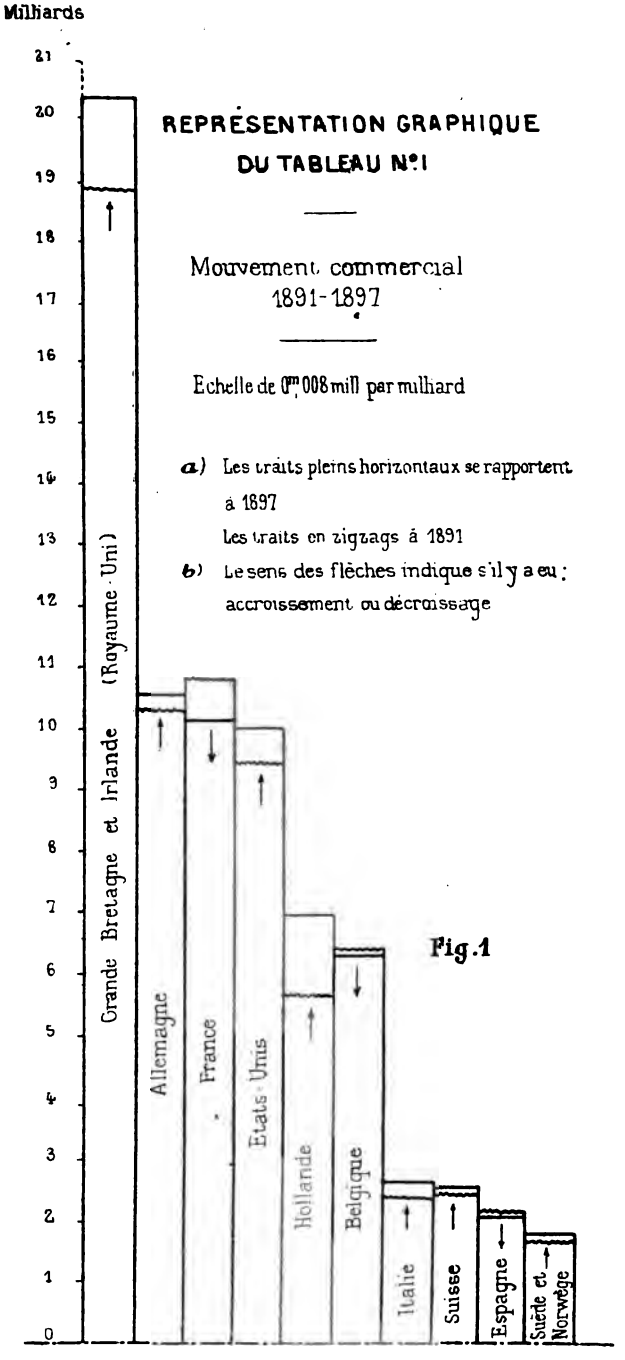

Milliards
21
20
19
18
17
16
15
14
13
12
11
10
9
8
7
6
5
4
3
2
1
0
REPRÉSENTATION GRAPHIQUE
DU TABLEAU N°I
Mouvement commercial
1891-1897
Echelle de 0m,008 mill par milliard
a) Les traits pleins horizontaux se rapportent à 1897
Les traits en zigzags à 1891
b) Le sens des flèches indique s'il y a eu : accroissement ou décroissage
Grande Bretagne et Irlande (Royaume-Uni)
Allemagne
France
Etats-Unis
Hollande
Belgique
Italie
Suisse
Espagne
Suède et Norwège

Fig.1

Le mouvement commercial a subi des variations, plus ou moins accentuées chez ces différentes nations. Il paraît stationnaire en Belgique et l'accroissement considérable en Hollande en est peut-être l'explication. Depuis une dizaine d'années, en effet, les ports hollandais, Rotterdam et Amsterdam, se sont grandement améliorés : ils ont regagné l'avance qu'avait prise Anvers. D'un autre côté, dans la même période, les moyens de communication, tant par eau que par voie ferrée, se sont plus multipliés entre la Hollande et l'Allemagne qu'entre celle-ci et la Belgique. Que l'Espagne ait rétrogradé dans la même période, rien de surprenant.

Quant à la France, la diminution de ses affaires avec l'extérieur n'est pas niable : 1897 est en dessous de 1891 de 729 millions.

Il y a des raisons de croire que la politique douanière, instituée en 1892, et qui ne se cachait pas d'être peu favorable au marché extérieur, n'est pas étrangère à ce résultat.

IV

Le *mouvement maritime*, c'est-à-dire le tonnage des navires chargés, entrés et sortis, est en corrélation avec le mouvement commercial, sans qu'il y ait aucune raison en faveur d'une proportionnalité absolue entre ces deux éléments. Ils varient à peu près dans le même sens, c'est tout ce que l'on peut dire avec quelque certitude.

Le *mouvement maritime* ne tient plus compte des valeurs comme le mouvement commercial ; il est établi sur le tonnage et non pas encore sur le poids ou le volume des marchandises transportées, mais sur la capacité de chargement des navires utilisés pour ces transports (1).

En outre, pour dégager le sujet, je fais abstraction de la navigation sur lest, qui a quelquefois une raison commerciale, mais cette omission est une pure simplification ; elle n'altère en rien les conclusions que l'on peut tirer du rapprochement des mouvements maritimes des principaux peuples navigateurs. Le tableau n° 2 ci-dessous, accompagné de son graphique, met les résultats 1891-1897 sous les yeux des lecteurs.

(1) Depuis 1872, une convention internationale, signée à Constantinople, a réglé d'une manière uniforme toutes les questions relatives au mesurage des navires. L'unité internationale de tonnage est depuis lors la tonne Moorson, qui est de 100 pieds cubes anglais ou 2,830 m^3, en mesures métriques.

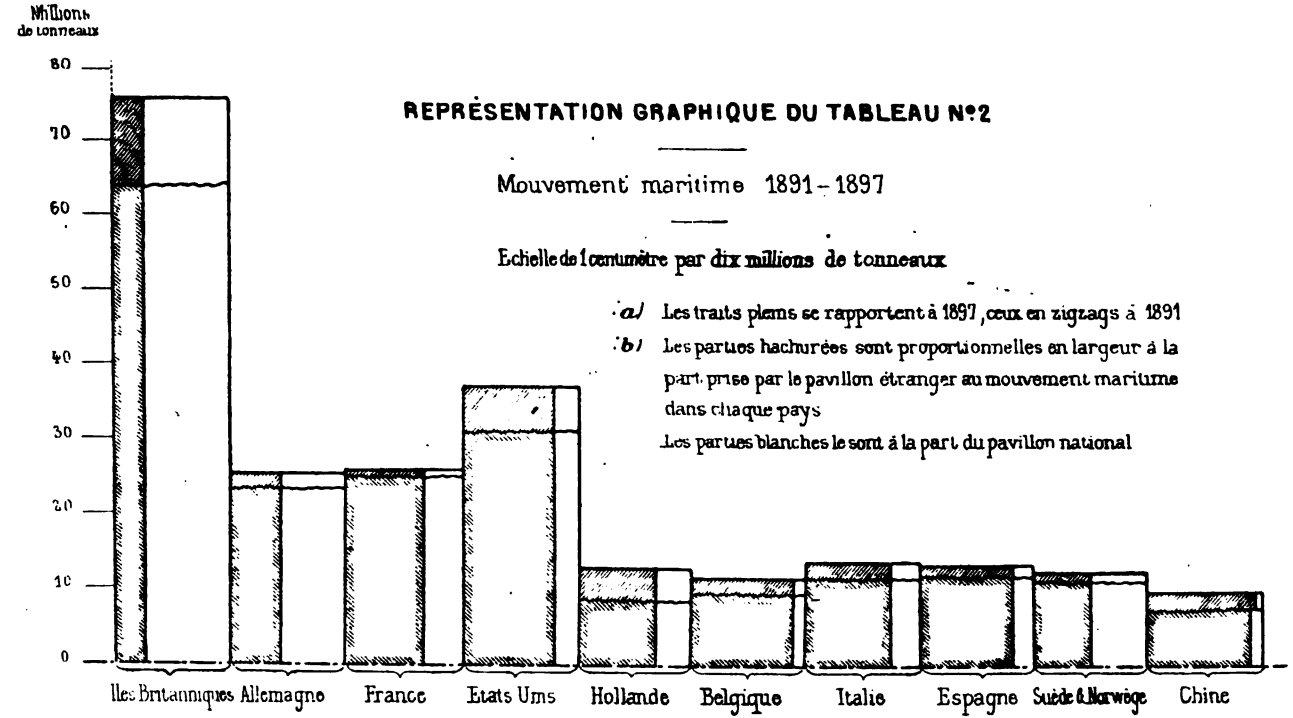
Une tentative de la Hollande en faveur du mètre cube n'a pas eu de suite.

TABLEAU N° 2. — **Mouvement maritime.**

(1891-1897.)

(Les tonnages sont exprimés en millions de tonneaux.)

PAYS	1897					1891					ACCROISSEMENT ou DÉCROISSEMENT		IMPORTANCE par rapport aux Iles Britanniques (1897)
	PAVILLON ÉTRANGER		PAVILLON NATIONAL		ENSEMBLE	PAVILLON ÉTRANGER		PAVILLON NATIONAL		ENSEMBLE			
	TONNEAUX	0/0	TONNEAUX	0/0	TONNEAUX	TONNEAUX	0/0	TONNEAUX	0/0	TONNEAUX	ABSOLU	0/0	
Iles Britanniques	20 503	28	53 441	72	73 944	16 780	27	45 535	73	62 325	11 619	18,64	»
Allemagne.	11 0:6	44	14 157	56	25 173	10 321	45	12 693	55	23 014	2 159	9,84	34,04
France	16 456	65	8 908	35	25 364	16 087	64	9 049	36	25 136	128	0,90	34,30
États-Unis.	28 413	78	7 976	22	36 389	23 629	78	6 682	22	30 311	6 078	20,05	»
Hollande	8 659	69	3 816	31	12 475	5 603	66	2 892	34	8 495	3 980	46,85	»
Belgique	10 563	91	1 058	9	11 621	8 113	90	897	10	9 010	2 611	29,00	»
Italie	10 045	74	3 516	26	13 561	8 146	73	2 980	27	11 126	2 435	21,88	»
Espagne.	10 731	81	2 479	19	13 210	9 340	81	2 192	19	11 532	1 678	14,60	»
Suède et Norvège	6 316	52	5 847	48	12 163	5 328	49	5 645	51	10 973	1 190	10,84	»
Chine.	9 100	95	501	5	9 601	6 196	90	725	10	6 921	2 6?0	38,71	»



REPRÉSENTATION GRAPHIQUE DU TABLEAU N°2

Mouvement maritime 1891-1897

Echelle de 1 centimètre par dix millions de tonneaux

a) Les traits pleins se rapportent à 1897, ceux en zigzags à 1891

b) Les parties hachurées sont proportionnelles en largeur à la part prise par le pavillon étranger au mouvement maritime dans chaque pays

Les parties blanches le sont à la part du pavillon national

Nous constatons d'abord ici, comme dans le mouvement commercial, la prééminence du pavillon britannique. Il atteint un tonnage de 73 944 000 *t*.

Le tonnage cumulé des autres nations européennes (à l'exclusion de la Chine et des États-Unis) s'élève à 103 562 000 *t*, c'est-à-dire que celui de la Grande-Bretagne est égal à près des deux tiers de l'ensemble du mouvement maritime du reste de l'Europe.

En second lieu, nous voyons que l'accroissement du tonnage, de l'année 1891 à l'année 1897, est général, ce qui est un symptôme d'une progression dans l'activité des échanges internationaux. Mais, il s'en faut que l'accroissement ait été proportionnellement le même dans les divers pays.

Il a été de 18,64 0/0 pour les ports des îles Britanniques. Pour les autres pays du continent, l'accroissement moyen a été moindre, quoique encore notable.

En particulier, pour l'empire allemand, le mouvement maritime est passé de 23 014 000 *t*, en 1891, à 25 173 000 *t*, en 1897, soit une augmentation de 2 159 000 *t*, représentant 9,84 0/0 de la situation de 1891. Dans ces sept années, le mouvement maritime de l'empire allemand est venu se placer au même niveau que le mouvement maritime des ports français.

Celui-ci, en effet, était, en 1897, de.	25 364 000 *t*
mais, en 1891, il était déjà de.	25 136 000 *t*
Il n'a donc augmenté que de la quantité insignifiante de.	228 000 *t*

c'est-à-dire de moins de 1 0/0 (exactement, 0,90 0/0).

On peut donc dire qu'il n'y a pas eu progrès, et, en vertu de la théorie des mouvements relatifs, qui, sans erreur, peut être transportée de la mécanique dans les régions économiques, rester en place quand les autres avancent, équivaut à un recul.

C'est notre cas. Et, en réalité, ce résultat n'a rien de surprenant; nous venons de voir plus haut que nos échanges avec l'étranger étaient en décroissance : la navigation a donc eu moins de marchandises à transporter, et cette constatation suffit à expliquer la stagnation du mouvement maritime des ports français.

V

Mais le relevé des mouvements maritimes provoque une autre constatation.

Au mouvement maritime de chaque pays, participent non seulement les navires portant le pavillon de ce pays, mais encore les navires des autres nations. Et le pavillon national ne prédomine que dans trois pays seulement: les îles Britanniques, l'Allemagne, la Suède et la Norvège. Le phénomène est surtout caractérisé dans le premier de ces trois pays. Le pavillon britannique entre pour les 3/4 dans le mouvement des échanges. En Allemagne, et dans les pays scandinaves, la part du pavillon national est un peu supérieure à la moitié du mouvement d'ensemble. Dans tous les autres pays, le pavillon étranger a la supériorité.

En Belgique, 90 0/0 du mouvement appartient au pavillon étranger. En Espagne, 81 0/0; en Italie, 73 0/0; en Hollande, 64 0/0; aux États-Unis, 78 0/0, soit à peu près la même proportion qu'en Espagne. En France, la proportion est la même qu'en Hollande: 65 0/0 du mouvement maritime soit 16 087 000 *t* appartiennent aux divers pavillons étrangers: il ne reste au pavillon tricolore qu'un peu plus du tiers, 35 0/0, soit: 9 049 000 *t*.

Ainsi, ce phénomène est d'ordre, on peut dire général: le Royaume-Uni de Grande-Bretagne et d'Irlande est le seul dont la marine ait une supériorité marquée dans ses propres ports: il y a à peu près équilibre d'importance dans les ports allemands et scandinaves. Partout ailleurs, les navires du pays sont en minorité dans le mouvement maritime.

Ajoutons que, dans chacun de ces pays, la part afférente aux pavillons étrangers appartient principalement au pavillon britannique. Le Jack flotte sur toutes les mers du globe; on le voit dans tous les ports du monde: les 2/3 des passages par le canal de Suez, c'est lui qui les effectue, comme le montre le tableau ci-dessous du transit de 1898.

PAVILLONS	NOMBRE	TONNAGE NET	
		ABSOLU pour 1 000 tonnes	0/0
Anglais	2 295	6 298	68,30
Allemand	356	970	10,25
Français	221	572	6,20
Néerlandais	193	382	4,25
Austro-Hongrois	85	213	2,30
Japonais	46	183	1,98
Russe	48	153	1,65
Espagnol	49	149	1,62
Italien	74	137	1,48
Autres Pavillons	136	182	1,97
TOTAUX	3 503	9 239	100 »

C'est encore dans la même proportion des 2/3 à peu près que le pavillon britannique prend sa part dans le commerce maritime de l'Extrême-Orient. Les statistiques anglaises ont, en effet, publié en 1898, le relevé suivant qui s'applique à 1897 :

Navires des principaux pavillons ayant fréquenté les ports chinois en 1897.

PAVILLONS	NOMBRE DE NAVIRES	TONNAGE NET (EN 1 000 TONNES)
Britannique	21 140	21 891
Chinois	18 889	7 820
Allemand	1 858	1 658
Japonais	653	661
Français	464	423
Américain	333	270
Autres Pavillons	1 210	490
TOTAUX	44 547	33 213

Les navires anglais sont nombreux, en effet, qui pratiquent *la navigation d'intercourse*, celle qui s'effectue d'un port étranger à un port étranger. Beaucoup ne reviennent jamais à leur port d'origine; d'autres n'y reviennent que rarement, et leurs mouvements échappent aux évaluations. Mais de ce que l'on peut connaître des mouvements de la flotte commerciale britannique dans le monde, sir Robert Giffen déduisait il y a peu de temps,

que le montant total des frets perçus par les armateurs, devait atteindre environ 80 millions de livres sterling, soit plus de 2 milliards de francs (1).

VI

On doit pressentir que l'effectif de chacune des grandes flottes commerciales du monde est en rapport avec la part qu'elle prend au mouvement maritime universel, et c'est ce qui arrive, en effet.

Dans le tableau qui suit (p. 82 et 83), je donne la situation des effectifs de chacune des principales flottes, dans les trois années 1889, 1893, 1897.

Une première remarque est à faire : la flotte universelle à vapeur est en accroissement continu :

En 1897, son tonnage net était de	12 073 000 *t*
En 1889, son tonnage net était de	8 296 000
Soit, en huit ans, une augmentation de.	3 777 000 *t*

(Voir graphique A, p. 83).

La flotte à vapeur britannique représente à elle seule, d'une façon constante, un peu plus de la moitié de l'effectif universel.

La France, qui pendant longtemps, jusqu'en 1885, avait été classée la seconde par ordre d'importance, a été dépassée par l'Allemagne en 1889. Elle devient alors troisième avec un tonnage de 495 000 *tx*, tandis que celui de l'Allemagne est déjà de 638 000 *tx*. Mais les États-Unis sont au quatrième rang. A son tour, la grande République Américaine nous dépasse en 1893, année où notre tonnage vapeurs atteint son minimum 471 000 *tx*. Et enfin, en 1897, la situation respective des quatre puissances s'affirme : les écarts deviennent plus grands, comme on le voit ci-dessous :

Situation des flottes à vapeur en 1897.

PAVILLONS	NOMBRE de NAVIRES	TONNAGE NET (1 000 TONNES)	RAPPORTS à L'EFFECTIF total
Toutes nations ensemble	14 701	12 073	»
Iles Britanniques et Colonies	7 702	6 854	56,76 0/0
Allemand	1 066	1 082	8,46 0/0
Américain	780	837	6,93 0/0
Français	617	487	4,03 0/0

(1) *Journal of the R. Statistical Society*, Londres. Mars, 1899.

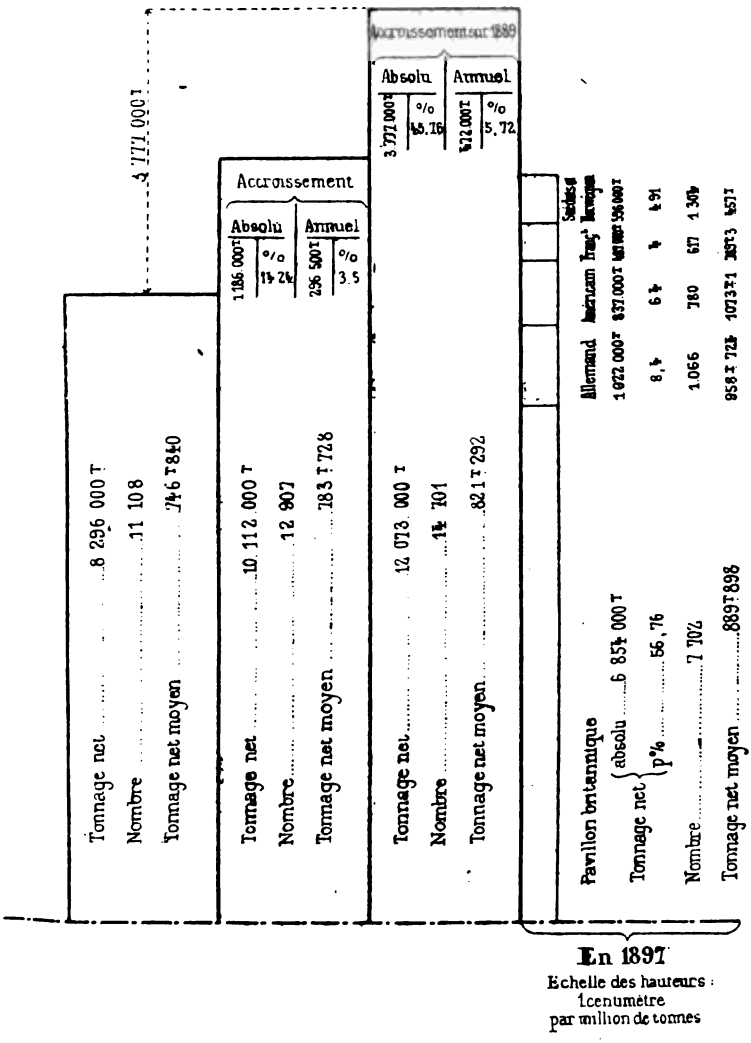
TABLEAU N° 3.

(Les tonnages sont exprimés en milliers de tonneaux.)

PAVILLONS	1889					1893					1897					POUVOIR de transport en 1897
	VAPEURS			VOILIERS		VAPEURS			VOILIERS		VAPEURS			VOILIERS		
	NOMBRE	TONNAGE net	TONNAGE gross	NOMBRE	TONNAGE net	NOMBRE	TONNAGE net	TONNAGE gross	NOMBRE	TONNAGE net	NOMBRE	TONNAGE net	TONNAGE gross	NOMBRE	TONNAGE net	
Angleterre	5 574	4 875	7 775	3 593	2 467	6 322	5 768	9 308	2 929	2 499	6 783	6 479	10 547	2 261	2 040	29 913
Colonies anglaises	829	282	461	2 075	894	863	323	531	1 536	632	919	375	621	1 180	457	
Amérique	416	364	517	2 856	1 306	610	639	888	2 704	1 284	780	837	1 176	2 370	1 273	4 621
Belgique	77	72	106	8	4	84	79	117	4	1,5	103	97	137	»	»	388
Danemark	217	99	159	591	121	253	121	199	562	135	305	188	308	»	420	1 172
Hollande	162	147	217	382	162	207	209	307	254	130	244	243	356	455	115	1 087
France	526	495	810	854	235	555	471	892	623	198	617	487	973	534	207	2 155
Allemagne	741	638	929	1 135	640	912	826	1 215	853	570	1 066	1 022	1 644	538	470	4 558
Italie	212	190	301	1 343	516	224	202	319	1 052	453	273	272	443	890	414	1 502
Norvège	395	178	247	2 974	1 338	559	265	404	2 578	1 265	710	388	619	1 953	1 025	2 577
Suède	471	137	182	999	294	535	166	227	914	271	594	208	329	778	224	1 056
Japon	165	88	134	124	33	288	109	174	81	22	465	283	454	70	18	1 150
Toutes nations (1)	11 108	8 296	12 985	21 190	9 166	12 907	10 112	16 066	17 814	8 503	15 137	12 426	20 056	13 627	7 126	»

(1) Y compris celles, moins importantes non énumérées ci-dessus.

A. EFFECTIF DE LA MARINE A VAPEUR DU MONDE ENTIER

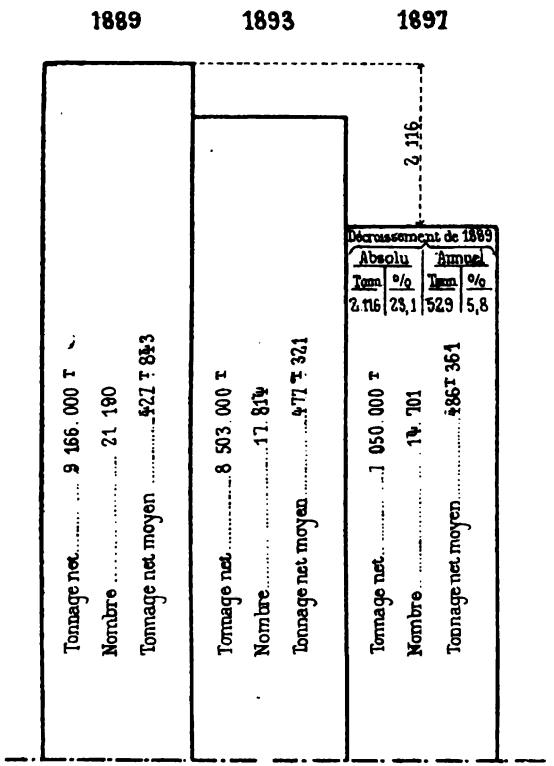


Ainsi, plus de la moitié de l'effectif de la marine à vapeur est sous pavillon anglais. Celui de la France n'en couvre que les quatre centièmes. Et encore, les flottes des Compagnies subventionnées qui émargent au budget pour près de 25 millions de francs par an, comptent 126 grands vapeurs d'environ 235 000 *tx* nets de jauge. Il ne reste donc qu'un bien petit appoint pour la navigation commerciale vivant sur les seules ressources de son trafic. Aussi est-ce un propos courant sur les rives étrangères, notamment à Suez et en Chine, que sans les Messageries Nationales, on ne verrait pas le pavillon français dans ces parages, si fréquentés pourtant.

Quant à la flotte universelle à voiles, elle est en décroissance d'une façon continue.

B. EFFECTIF DE LA MARINE A VOILES DU MONDE ENTIER

(Navires de 100 T et plus)



En 1889, son tonnage net était de 9 166 000 *t* dépassant encore de 870 000 *t* celui de la flotte à vapeur. Mais quatre ans après, en 1893, il est descendu à 8 503 000 *t*, tandis que celui des vapeurs est monté à 10 112 000 *t*. Et encore quatre ans, en 1897, les vapeurs ont en tonnage net 12 073 000 *t* et les voiliers seulement 7 050 000 *t*.

Presque partout, on laisse les voiliers disparaître ; on ne les remplace pas.

En 1889, l'Angleterre (y compris les colonies) avait un tonnage de voiliers de 3 361 000 *t*. En 1897, elle n'en a plus que 2 497 000 *t*, soit une réduction de 864 000 *t*, plus du quart. L'Allemagne en avait 640 000 *t*. Elle n'en compte en 1897 que 470 000 *t*. La réduction est proportionnellement un peu plus forte en Allemagne qu'en Angleterre. De même dans les autres pays.

C'est la conséquence des progrès considérables réalisés dans les industries métallurgiques et mécaniques qui apportent aujourd'hui leur concours à l'art des constructions navales. La construction du vapeur est devenue facile ; son emploi économique. Non seulement, le navire n'est plus le docile esclave des vents capricieux : il est toujours prêt à partir ; les calmes inopportuns ne ralentissent pas sa marche. Il est plus rapide et on a pu évaluer ainsi que le pouvoir de transport du vapeur est le quadruple de celui du voilier. L'emploi de la vapeur est devenu assez économique pour pouvoir, sur presque tous les parcours, se substituer avantageusement pour le commerce, à l'antique mode de propulsion.

Chaque progrès dans la production économique de la force motrice est un avantage pour le navire à vapeur, au détriment du voilier.

Enfin, certaines routes se sont ouvertes, comme celles du canal de Suez et de la mer Rouge, où l'irrégularité et la faible intensité des vents rendent précaire et onéreux l'emploi des voiliers. Pour toutes ces raisons, les nations comme le Japon, qui ne font qu'entrer dans le mouvement de la civilisation industrielle et commerciale, s'abstiennent de constituer une flotte marchande à voiles. Le Japon n'a que 18 000 *t* de voiliers, répartis entre 70 bâtiments, soit pour chacun un tonnage moyen de moins de 260 *t*. Par contre, il a 462 vapeurs jaugeant ensemble 283 000 *t* et nous voyons ses lignes de paquebots toucher régulièrement à Marseille et à Liverpool.

Ainsi l'effectif des flottes commerciales des divers pays est un

indice sûr de la part qu'elles prennent au mouvement maritime universel ; le pavillon britannique tient de beaucoup la tête ; le nôtre suivait, il a cédé la place au pavillon allemand et l'Amérique enfin, se ressouvenant de son ancienne prospérité maritime est venue encore se placer entre l'Allemagne et nous ; nous sommes au quatrième rang — les autres progressent, — si nous ne reculons pas, nous restons stationnaires.

VII

Faisant peu d'affaires, participant de moins en moins au mouvement maritime général, l'armement français donne des signes non équivoques de découragement. Il laisse vieillir son matériel. Le quart de nos vapeurs, en 1897, avait plus de vingt ans, ce qui devrait être l'âge extrême de la retraite. Le nombre des matelots a diminué d'un quart en moins de dix ans. On forme de moins en moins de capitaines. A quoi bon ? puisqu'on n'aurait rien à confier à leur commandement. Enfin, on ne construit presque plus de vapeurs.

De 1889 à 1897, la production de nos chantiers a décru de plus de 40 0/0. Des 16 000 *t* que les statistiques du Lloyd's attribuent à la construction française en 1897, il faut déduire un certain nombre de chalutiers, de barques, de remorqueurs. Que reste-t-il ensuite ? deux paquebots des Messageries Maritimes, le *Laos* et le *Dupleix*, et un seul bâtiment pour la navigation au long cours non subventionnée, le vapeur *la France*, appartenant à une société de Marseille, plus le *Fortunio*, de Nantes, destiné au cabotage international dans les mers du nord, et la *Manche*, destinée au service de Dieppe à Newhaven. En tout, trois bâtiments non subventionnés.

Les tableaux ci-dessous permettent de vérifier que chez nos voisins la construction navale a une tout autre allure.

TABLEAU N° 4. — **Constructions navales.**

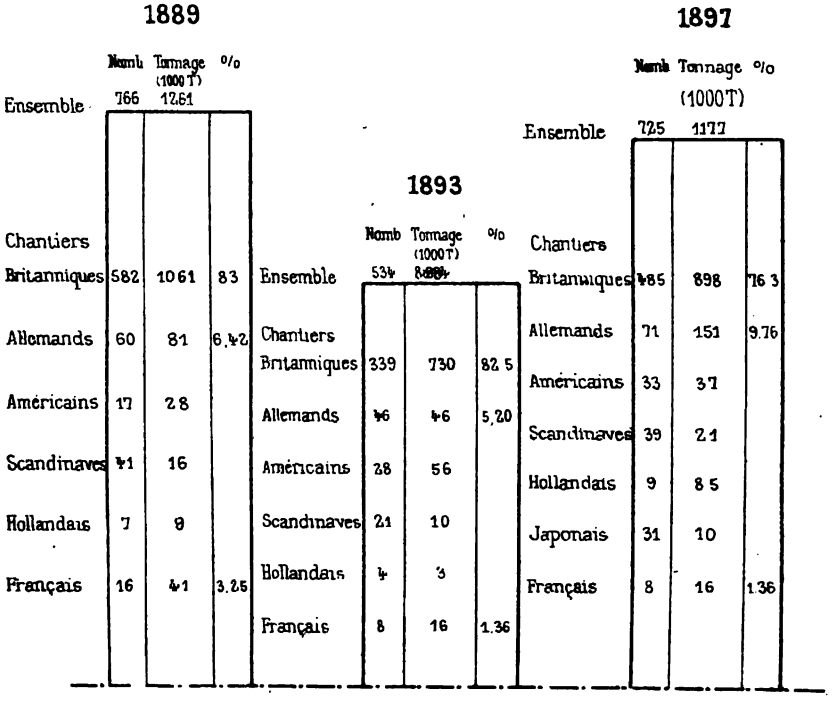
(*Le tonnage est exprimé en 1 000 tonneaux bruts.*) (1)

NATIONS	CONSTRUCTION EN												PROPORTIONS (tonnages) par rapport à l'ensemble des constructions en 1897	
	1889				1893				1897					
	VAPEURS		VOILIERS		VAPEURS		VOILIERS		VAPEURS		VOILIERS			
	NOMBRE	TONNAGE	NOMBRE	TONNAGE	NOMBRE	TONNAGE	NOMBRE	TONNAGE	NOMBRE	TONNAGE	NOMBRE	TONNAGE	VAPEURS	VOILIERS
Angleterre	582	1061	74	119	389	730	79	112	485	888	19	20	76,29	22,73
Colonies anglaises	16	7	59	20	15	6	46	16	27	10	21	5		
Amérique	17	28	98	56	28	56	36	13	33	37	29	36	3,14	32,73
Danemark	14	15	6	1,1	8	7	9	3	11	16	4	0,782	»	»
France	16	41	6	1,6	6	15	18	4	8	16	35	35	1,35	31,73
Allemagne	60	81	19	21	46	46	9	8	71	151	3	2	12,82	2,18
Hollande	7	9	3	1,5	4	3	8	3	9	8,5	8	1	»	»
Italie	6	1	15	7	1	0,696	19	10	4	12	4	0,626	»	»
Norvège	19	9	13	6	11	6	24	13	21	14	7	3	»	»
Suède	22	6,6	3	0,528	10	4	7	1	18	7	2	0,529	»	»
Japon	—	—	—	—	—	—	—	—	31	10	15	2	»	»
Toutes nations	766	1262	324	242	534	730	309	195	725	1177	166	110	»	»

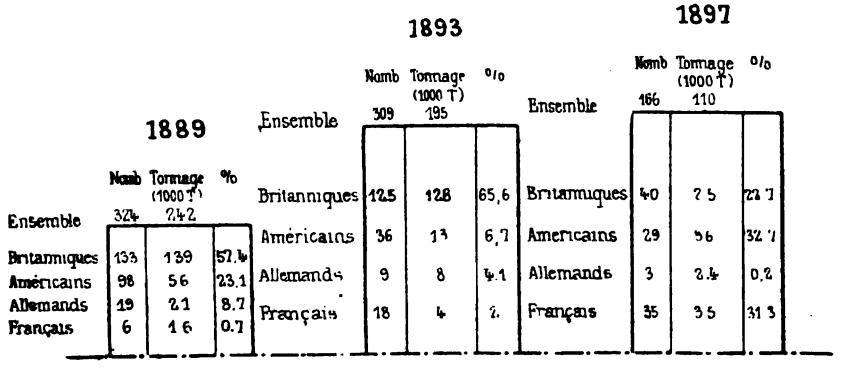
(1) Quand il s'agit de *transport*, on évalue le tonnage en tonneaux *nets*, c'est-à-dire déduction faite des espaces occupés par les machines, chaudières, soutes à charbon, logement de l'équipage, de ses provisions, des agrès, etc. — Mais, parlant de *construction*, on évalue en tonneaux *bruts*, c'est-à-dire qu'on considère la capacité entière du navire construit, sans déductions. C'est, en effet, cette capacité qui intéresse le constructeur.

CONSTRUCTION DES NAVIRES DE COMMERCE DANS LE MONDE ENTIER

Vapeurs



Voiliers



Ici se placeraient des constatations du même ordre que celles que nous avons faites à propos du mouvement maritime. Signalons d'abord l'énorme et croissante production du Royaume-Uni, qui, malgré la grande grève des mécaniciens, a encore produit, en 1897, 485 vapeurs représentant ensemble 887 998 *tx* bruts soit les 3/4 de la production totale du monde. L'Allemagne vient ensuite avec une production de 71 vapeurs de 151 000 *t*. On construit dans ses chantiers de Brême et de Stettin, ces grands transatlantiques, comme le *Wilhelm der Grosse*, qui défient en capacité et en vitesse tous ceux de l'univers.

Si on parcourt ensuite la statistique des voiliers, des faits d'un ordre un peu différent se présentent. La construction des voiliers est en grande baisse chez nos voisins. Les Anglais n'en ont fait que 25 000 *tx* en 1897, tandis qu'ils produisaient près de 900 000 *tx* de vapeurs, soit près de 36 fois plus. Dans l'ensemble de la construction allemande, les voiliers n'entrent que pour 1,59 0/0. Il en est de même partout chez les Hollandais, restés si longtemps respectueux des forces mystérieuses d'Eole, chez les Italiens, en Norvège, au Japon ; aux États-Unis, il s'en est encore construit 36 000 *t* en 1897. Mais on en avait fait 56 000 en 1889. Là aussi, quoique d'une façon moins rapide, la construction du navire à voiles est en baisse.

Un mouvement en sens inverse se produit en ce moment chez nous. Tandis que le marine à vapeur y languit, le marine à voile y jouit d'un regain de vogue. Elle procure, dit-on, de beaux et faciles profits. Aussi, tandis qu'en 1889, on n'avait fait en France que 6 voiliers d'un tonnage total de 1 600 *tx*, en 1897 nos chantiers en mettent à flot 35, dont 14 sont chacun d'un tonnage supérieur à 2 000 *tx*. Finement construits, bien aménagés, pourvus de treuils et guindeaux à vapeur, ces beaux quatre et cinq-mâts font l'orgueil, mais plus encore, la fortune de leurs heureux propriétaires.

Qu'on ne se laisse pas cependant aller à une trop flatteuse illusion en contemplant ces revenants améliorés de l'antique industrie. Ils ne témoignent pas de la régénérescence de la marine française. Loin d'être le fruit naturel du progrès, cette résurrection d'une industrie qui décline partout ailleurs que chez nous, est due à un pur accident législatif, éphémère, sans et certainement dû à une cause factice.

VIII

Ainsi, en ce moment, de ce que nous venons d'exposer, il résulte que la marine commerciale britannique a, sur toutes les mers, une incontestable suprématie. Elle possède un effectif de vapeurs supérieur à celui de toutes les autres marines réunies et ses chantiers produisent les trois quarts de ce qui se construit de bâtiments à vapeur dans le monde. En une semaine les Anglais produisent autant de tonnage à vapeur que la France en un an.

L'Allemagne, encore à une grande distance de l'Angleterre, est cependant celle de toutes les nations qui la suit de plus près. Sa construction est importante, son effectif s'augmente de beaux et de solides navires. A tout moment on apprend que, sous pavillon allemand, s'ouvrent de nouvelles lignes régulières qui font une concurrence sérieuse, non pas seulement aux nôtres, mais aux lignes anglaises elles-mêmes. Dans la liste des grandes entreprises maritimes actuelles, les Compagnies allemandes tiennent la tête, comme on peut le voir sur la liste ci-dessous :

Noms des Compagnies.	Nombre de navires.	Tonnage brut.
Compagnie hambourgeoise américaine (allemande)	85	425 043
Norddeutscher Lloyd (allemande)	78	383 203
British India S. N. C° (britannique)	102	280 855
Compagnie péninsulaire et orientale (britannique)	58	272 756
Messageries Maritimes (française)	64	233 929
Nippon Yusen Kaisha (japonaise)	84	209 617
Navigazione generale italiana (italienne)	101	183 506
Wilson Line (britannique)	86	180 358
Compagnie générale transatlantique (française)	62	157 447
Lloyd autrichien (austro-hongroise)	69	148 236
White Star Line (britannique)	21	126 960
Compania trasatlantica (espagnole)	35	125 432
Compagnie Cunard (britannique)	27	118 485
Pacific S. N. C° (britannique)	38	117 938
Compagnie Hansa, de Brême (allemande)	39	106 962

Noms des Compagnies.	Nombre de navires	Tonnage brut.
Compagnie Sud-américaine de Hambourg (allemande)	34	106 307
Del Forenede damp. Sel. (Copenhague) (danoise)	113	95 117
Union S. S. C° (États-Unis)	60	87 837
Compagnie russe de navigation d'Odessa (russe)	78	86 575

Nous avons vu, enfin, que, au contraire de ce qui se passe chez nos émules, la marine marchande française, loin de progresser, semble décroître d'année en année.

IX

Ce n'est pas un fait nouveau dans l'histoire que cette prééminence d'une nation dans le commerce maritime du monde.

Aux débuts de la civilisation, les Phéniciens, plus tard les Carthaginois furent les maîtres incontestés des mers alors connues et explorées. Au moyen âge, Venise, puis Gênes et Livourne, eurent le monopole, en quelque sorte, du commerce maritime. Les grandes découvertes du xv^e^ et du xvi^e^ siècles firent momentanément passer la prééminence aux Espagnols et aux Portugais qui, par l'effet d'une mauvaise politique, inspirée par des sentiments d'étroite jalousie, ne surent pas la conserver longtemps.

En 1579, les Pays-Bas secouèrent le joug de l'Espagne ; mais, plus d'un siècle avant, leur prospérité maritime s'annonçait déjà. Dès 1477, Philippe de Bourgogne écrivait au pape Sixte IV que les Hollandais « faisaient actuellement le commerce sur toutes » les mers » (1). En 1603, sir Walter Raleigh, l'un des vainqueurs de la *Grande-Armada*, le fondateur de la colonie de Virginie, jouissait encore, à la Cour d'Angleterre et au Parlement, d'un grand crédit. A cette époque, sur la demande du roi Jacques I^er^, il rédigea un long mémoire sur les causes de l'infériorité de la marine anglaise (2). « La marine anglaise, écrit-il, » ne peut pas entrer en comparaison avec celle des Hollandais... » A l'exemple de l'antique cité de Tyr et de la plus moderne » Venise, la Hollande est devenue l'entrepôt d'innombrables

(1) *Richesse de Hollande.* Londres 1778. (Anonyme.) Tome I, p. 42.
(2) Lindsay. *History of Merchant shipping*, 1874, tome II, p. 168.

» marchandises, dont la centième partie à peine est consommée » dans le pays... Ils viennent, disait-il encore, trafiquer chez » nous-mêmes (c'est-à-dire en Angleterre) avec cinq cents ou » six cents vaisseaux tous les ans et nous en envoyons à peine » trente ou quarante chez eux... Les Hollandais trafiquent avec » toutes les places de France et nous, avec cinq ou six seule- » ment... Ils (les Hollandais) ont à eux seuls autant de vaisseaux » que tous les royaumes de la chrétienté ensemble. Ils cons- » truisent mille navires par an et, cependant, il n'y a pas » un arbre dans tout le pays et leurs produits ne rempliraient » pas cent vaisseaux ».

Je ne surprendrai peut-être personne en disant que les doléances de sir Walter Raleigh restèrent sans aucun effet. La déchéance de la marine anglaise était telle alors qu'en 1615 il n'y avait plus d'attachés, au port de Londres, que dix navires d'un tonnage total de 200 *tx*, soit 20 *tx* en moyenne pour chacun (1).

A la même époque, la situation de la marine française était un peu meilleure que celle de la marine anglaise, grâce au maintien de la tradition qui, dès le moyen âge, avait admis des franchises spéciales et des exemptions de taxes, en faveur des navires trafiquant avec certains ports français. Marseille, Bayonne, La Rochelle étaient à l'état de ports francs. Et il en résultait pour ces villes une prospérité d'autant plus remarquable qu'elle était plus exceptionnelle.

Cependant, la fin de la guerre de Trente Ans et la conclusion des traités de Westphalie (1648) étaient favorables aux occupations pacifiques des Hollandais. Ils étaient devenus les détenteurs du commerce des épices et avaient accaparé peu à peu tout le commerce de transport par mer. Ils disaient eux-mêmes qu'ils étaient les rouliers de l'Océan. Le 21 mars 1669, Colbert écrivait à M. de Pomponne, ambassadeur de Louis XIV à La Haye, « que le commerce par mer se faisait en Europe avec » vingt-cinq mille vaisseaux environ; que, dans l'ordre naturel, » chaque nation devait en posséder sa part, suivant sa puissance, » sa population et l'étendue de ses côtes; mais que les Hollan- » dais en ayant quinze à seize mille et les Français cinq ou six » cents au plus, le roi employait *toutes sortes de moyens* pour s'ap- » procher un peu plus du nombre de vaisseaux que ses sujets » devraient avoir. »

(1) *Defence of Trade*, by sir Dudby Digg. London, 1615.

Ces *toutes sortes de moyens* ne consistèrent pas à étudier les causes de la prospérité hollandaise, et à chercher à en faire l'application dans un pays, qui, au point de vue des avantages physiques, est certainement mieux doté par la nature que les Pays Bas.

Le préjugé protectionniste était, au milieu du XVII^e^ siècle, plus général encore qu'aujourd'hui, si possible, et c'est par des prohibitions et des surtaxes que les gouvernements de France et d'Angleterre tentèrent alors de lutter contre la prospérité de la marine hollandaise. L'acte de navigation de Cromwell est de 1651 : c'est le code de la prohibition pour ainsi dire absolue. Il réservait d'une façon à peu près exclusive la navigation des ports et îles britanniques au pavillon anglais.

La France, l'Espagne, en faisaient à peu près autant en faveur du leur. C'est de cette époque que datent les surtaxes de pavillon, les surtaxes d'entrepôt, les pactes coloniaux.

Ces mesures ont-elles eu l'efficacité qu'on en attendait?

Elles ont eu une répercussion, incontestablement, sur la marine hollandaise : en restreignant, dans une grande proportion, le vaste champ où elle exerçait son action, on a entravé son développement. Mais sa ruine est due à d'autres causes : les guerres qui, durant tout le XVIII^e^ siècle, firent de l'océan un vaste champ de bataille, celles de la période révolutionnaire et de l'Empire, le blocus continental, sont les véritables causes de la déchéance de la marine hollandaise.

D'ailleurs, parallèlement à la décadence hollandaise, on constate, dans cette période, les progrès constants des marines de la Hanse et des pays scandinaves. En tout cas, le système restrictif n'avait rendu, ni en France, ni en Angleterre, tous les services qu'on en espérait.

En 1840, presque deux siècles après le vote de l'acte de navigation par le Long-Parlement, la part du pavillon britannique dans le mouvement maritime du monde n'était encore, d'après Michaël G. Mulhall, que de 27 0/0. La proportion a plus que doublé, depuis lors (1).

En France, les progrès de la marine marchande sous l'insuffisant égide dont l'avait pourvu Colbert, étaient moins apparents encore qu'en Angleterre. Dans l'enquête ordonnée par la Convention nationale, le représentant Marec, du Finistère, constatait qu'en 1787, encore, le pavillon français ne participait que

(1) Michaël G. Mulhall, National Progress during the Queen's Reign. — London 1897.

pour 2/10e à la navigation de long cours, avec 3763 bâtiments, jaugeant ensemble 295 231 *tx* (1). On n'avait donc pas gagné grand'chose depuis la mise en œuvre des *toutes sortes de moyens* de Colbert.

Cependant, obéissant à des préjugés qui dominaient alors et qui sont loin d'avoir disparu, la Convention édicta d'abord l'acte de navigation du 21 septembre 1793, qui ne le cède pas en rigueur à celui de Cromwell, et, peu après, le décret du 18 octobre suivant (27 vendémiaire, an II) qui règle l'exécution de cet acte.

Disons tout de suite que l'excès même de ces prescriptions draconiennes eut un résultat inattendu et heureux pour le commerce: ce fut de les rendre pratiquement inapplicables. Sauf quelques dispositions de détail, qui subsistent encore aujourd'hui, surannées et d'autant plus oppressives, la Restauration trouva l'acte de navigation de la Convention suspendu en fait. Elle y suppléa, il est vrai, par le rétablissement des surtaxes de pavillon et d'entrepôt, destinées, croyait-elle, à préserver nos armateurs de la concurrence des marines étrangères. En réalité, ces mesures, sans aider à l'industrie de l'armement ne firent que gêner les opérations du commerce, à les rendre plus onéreuses et, par suite, moins fréquentes.

Mais, trois ans après que, sous l'inspiration de Cobden, Pitt avait fait rapporter les *corn-Laws*, le Parlement britannique, devenu résolument libre-échangiste, abolit, en 1849, l'acte de navigation de Cromwell. Tous les ports du Royaume-Uni s'ouvrirent aux navires de tout pavillon sans aucune distinction. C'est depuis lors que le commerce et la marine de l'Angleterre sont devenus ce que nous les avons vus dans la première partie de cette étude.

Dix-sept ans après, la France suivait, en partie, l'exemple de l'Angleterre. La loi du 19 mai 1866 supprima définitivement les surtaxes de pavillons et les droits différentiels de tonnage institués par la loi du 27 vendémiaire, an II. Déjà, en 1861, le Pacte colonial qui réservait au Pavillon national exclusivement le commerce des colonies, avait été supprimé.

Les navires étrangers furent admis dans nos ports au même titre et sans plus de charges que les navires nationaux. La réciprocité nous fut assurée, et depuis lors, malgré une tentative de réaction en 1872, qui avorta, c'est sous le régime de l'*assi-*

(1) Rapport de Marec à la Convention, 3 juillet 1793, cité par Amé, tome II, p. 160. La tonne ne représentait alors que 1,410 m^3.

milation des Pavillons, c'est-à-dire de la libre concurrence avec les marines du monde entier, que l'industrie française de l'armement maritime se trouve et est encore aujourd'hui, placée.

X

Or, qu'arrive-t-il nécessairement? Qu'est-il arrivé? Parmi tous ces concurrents qui lui offrent leurs services, pour transporter ses marchandises, le commerce va inévitablement à celui qui lui offre, à la fois, le plus bas prix, la meilleure organisation, le plus grand choix.

Cette règle très simple du bon marché domine toutes les transactions commerciales, les a toujours dominées. Ce fut là tout le secret du succès des armateurs hollandais au XVII[e] siècle. Ils fixaient leur fret à des conditions plus avantageuses que les armateurs des autres nations et accaparèrent ainsi tout le commerce de transport (1). De Tocqueville cherchant le secret de la prospérité de la marine américaine il y a un demi-siècle, ne découvrait que cette raison : ils ont des frets plus bas que tous les autres. C'était aussi l'aveu des armateurs anglais s'opposant, en 1849, au rappel de l'Acte de navigation, sur le motif que les navires scandinaves, hanséatiques, et même russes, voyageaient à plus bas bas prix que les leurs.

Et aujourd'hui encore, il en est de même. Le *fréteur*, c'est-à-dire celui qui a des marchandises à expédier, va à l'*affréteur*, c'est-à-dire au détenteur de l'instrument de transport, qui lui demande le *fret* (2), c'est-à-dire le prix, le plus bas et lui offre l'ensemble de conditions les plus avantageuses. Et ce choix, déterminé par de pures considérations de commerce, se fait sans préoccupation aucune du pavillon que portera le navire choisi.

Beaucoup de nos industriels envoient à Anvers plutôt qu'au Havre les marchandises à destination d'outre-mer. On estime à 300 000 *t* ce qu'on en connaît. C'est qu'à Anvers ils trouvent le bas prix du fret et un choix de navires tel qu'ils sont sûrs de rencontrer celui qu'il leur faut, soit au point de vue de l'arrimage, soit au point de vue de la date de départ pour une destination déterminée.

(1) P. Clément, Administration de Colbert, p. 134.

(2) Le mot *fret* est souvent pris dans deux acceptions : ou il désigne le *prix* du transport des marchandises, ou les *marchandises* elles-mêmes qui ont ce prix à payer. Cette confusion cause quelquefois des erreurs et des malentendus.

Aujourd'hui, encore, comme autrefois, au temps de la suprématie hollandaise, c'est le bon marché qui attire au navire la clientèle des chargeurs. On n'a jamais donné du peu de succès de l'armement en France d'autre raison que celle-ci : « Nous ne pouvons pas nous contenter de fret aussi bas que les Anglais et les Allemands. »

Et à quoi cela tient-il ?

Les multiples enquêtes qui se sont succédé depuis et y compris la grande enquête de 1862 à 1865, ont toutes abouti à la même conclusion. Nos armateurs sont actifs, intelligents. Ils connaissent tous les secrets de leur profession ; ils sont attentifs aux grands mouvements du commerce universel ; ils ne manquent pas d'esprit d'initiative ; ils trouveraient des capitaux, quoi qu'on dise, s'ils croyaient pouvoir en faire un emploi lucratif ; nos capitaines sont instruits, dévoués, amoureux de leur métier, imbus à un très haut degré du sentiment du devoir ; nos navires sont excellents, nos marins dociles et pleins d'endurance. Mais ces éléments de succès ne suffisent pas, en présence des hauts prix que l'armement français est condamné à demander à sa clientèle.

Et de ces hauts prix, il y a deux causes authentiques, officiellement constatées, inscrites en toutes lettres par le législateur en tête des lois de 1881 et 1893 qui avaient pour but de venir en aide à la marine marchande.

XI

Ces deux lois allouaient des primes à la construction navale et à la navigation. Nous verrons tout à l'heure ce qu'il faut penser de ce procédé. Pour le moment, constatons seulement que pour justifier ces allocations, ces deux lois donnaient pour raison : 1° la réglementation surannée et oppressive de l'inscription maritime ; ajoutons-y ce qu'il reste encore des prescriptions draconiennes de la loi de vendémiaire, an II ; 2° le haut prix de la construction, contrainte à employer des matériaux grevés de droits de douane fort élevés.

Les intitulés des articles de lois, allouant les primes dont je viens de parler, sont, en effet, ainsi libellés, dans la loi du 30 janvier 1893, qui ne fait qu'en emprunter la rédaction à la loi de 1881, qu'elle venait remplacer :

« Art. 2. — En compensation des charges que le tarif des

» douanes impose aux constructeurs des bâtiments de mer, il » leur est attribué les allocations suivantes :

. . . . . .

« Art. 5. — A titre de compensation des charges imposées à » la marine marchande pour le recrutement et le service de la » marine militaire, il est accordé une prime de navigation à » tous les navires de construction française. »

Et la loi de 1893 ajoutait : « La prime est supprimée aux navires construits à l'étranger. »

Je vais dire, dans un instant, ce que sont ces primes. Je n'ai cité d'abord les intitulés des articles de la loi qui les établit, que pour mettre en évidence que les pouvoirs publics, comme les particuliers, comme les intéressés eux-mêmes, s'accordent à donner pour raison de l'infériorité de la marine marchande : 1° le haut prix qu'elle paye elle-même son matériel aux constructeurs français ; 2° les frais supplémentaires que lui occasionnent les règlements de l'inscription maritime.

Ce sont là les deux obstacles, les deux seuls, au développement de notre marine. Ils sont officiellement reconnus et constatés.

Puisque la force des choses oblige l'armateur à exercer son industrie en concurrence avec les marines étrangères, il faut, pour qu'il puisse y réussir, qu'il entreprenne cette lutte à armes égales.

Depuis 1849, l'Angleterre a supprimé toute la réglementation arbitraire et oppressive qui était dans l'acte de Cromwell comme la rançon compensatrice du privilège réservé à l'armateur. L'industrie maritime y est aussi libre que toute autre industrie, pour le choix de son personnel ; les conditions de l'engagement y sont réciproquement débattues, et le nationalisme ombrageux des Jingoes ne s'est pas encore inquiété de la latitude que possèdent les armateurs anglais de composer leur équipage à leur guise, en y faisant entrer telle proportion, qui leur convient, d'étrangers.

En second lieu, ce sont les prix du marché universel qui règlent ceux de la construction navale anglaise et des matériaux qu'elle emploie. Mais, dit-on, les chantiers britanniques sont favorisés par la nature, aujourd'hui surtout, ils ont, sous la main, le charbon et le fer, et, par conséquent, à plus bas prix que quiconque. L'objection est spécieuse, mais il faut considérer que les chantiers de construction navale ne sont pas sur les mines ni dans les centres métallurgiques. L'un des plus considérables, des plus

prospères, qui a fourni des milliers de navires à l'univers entier, celui des Harland brothers est situé à Belfast, en Irlande, pays qui ne produit ni charbon, ni fer, ni acier. Tous leurs matériaux, les chantiers Harland les reçoivent d'Écosse ; et le fret de Glasgow à Belfast est à peine de 1 schelling moins élevé que pour le Havre. Nous pourrions donc au Havre avoir les matériaux propres à la construction des navires, à des conditions fort approchantes de celle du chantier britannique, probablement le plus producteur.

C'est ce que l'on avait pensé en 1866, et la franchise douanière avait été accordée aux matériaux destinés aux constructions navales. Les navires ou les coques de navires, fabriqués à l'étranger, étaient seulement passibles d'un droit de 2 *f* par tonneau de jauge brut, ce qui constituait déjà une protection pour les constructeurs français. Mais les événements qui survinrent peu après, en l'année néfaste, ne permirent pas aux effets de cette loi de se développer.

Restaient d'ailleurs, pour maintenir l'inégalité au préjudice de nos armateurs, les règlements oppressifs et arbitraires de l'inscription maritime.

La raison qu'on donnait alors pour les maintenir est encore celle qu'on allègue aujourd'hui : les inscrits, dit-on, sont la ressource de la marine de guerre; sans inscrits, plus de marins exercés.

On oublie, en parlant ainsi, notre loi nationale sur le service militaire, qui se combine assez mal avec la situation exceptionnelle faite aux populations maritimes par le régime de l'inscription. Mais on oublie surtout que nous ne sommes plus au temps de Colbert. Alors, on pouvait dire avec une apparence de raison, qu'il fallait constituer les gens de mer à l'état de réserve permanente pour les équipages des flottes royales. Rien ne ressemblait plus alors à un bâtiment de guerre qu'un bâtiment marchand. Même armement, même gréement, même construction. En ces temps de pirates et de corsaires, les bâtiments marchands étaient d'ailleurs tous armés, et leurs caronades ne différaient pas de celles des vaisseaux du grand roi. Les matelots du commerce pouvaient instantanément monter sur ceux-ci. Ils étaient prêts pour le combat.

Mais aujourd'hui, que faut-il à un navire de guerre ? des mécaniciens, des chauffeurs, des électriciens, des canonniers, des torpilleurs, des fusiliers.

Les mâts sont devenus des tourelles armées d'artillerie à tir rapide ; il n'y a plus de voiles. Les embarcations sont mues par la vapeur ; gabiers et canotiers n'ost plus de rôle à bord, et ce sont, tout au plus, des gabiers et des canotiers que fournit l'inscription.

La maintenir est donc avoir pour le passé une vénération, en quelque sorte superstitieuse, qui est, il est vrai, assez fréquente en France. Et en la maintenant avec toute la réglementation qu'elle comporte et dont les armateurs supportent les conséquences, on entrave le libre développement de la marine de commerce. Le haut prix des constructions fait le reste.

XII

Que le haut prix des constructions navales ait pour principale cause l'élévation des droits de douane sur les matériaux qui y entrent, la chose n'est pas contestable, aujourd'hui surtout, où le fer et l'acier en sont les éléments essentiels.

Frapper de 15 *f* la tonne de fonte brute, de 50 *f* les barres et les cornières de fer ou d'acier, de 70 *f* les tôles et de 75 *f* si elles portent quelques trous de rivet, de 120 *f* à 200 *f* la tonne de machine, de 140 *f* celle de chaudière, c'est inévitablement renchérir le prix du navire dont tous ces objets sont les éléments.

L'armateur est ainsi dans cette situation singulière d'avoir a acheter son outil sur le marché de la protection douanière et à le faire produire sur celui du libre-échange.

Par des considérations fort étrangères à l'intérêt que devrait inspirer la noble industrie maritime, on n'a jusqu'ici voulu ni toucher aux règlements surannés de l'inscription maritime, ni faire à l'application du tarif de douane l'exception si bien justifiée qui permettrait de construire dans des conditions comparables à celles de nos voisins.

Mais on a essayé de tourner la difficulté en allouant des primes à la construction et à la navigation. Le 29 janvier 1881, une loi motivée, comme je l'ai dit plus haut, sur la double nécessité de compenser les effets des droits de douane et ceux de l'inscription maritime fut votée et promulguée. Combinée de telle façon que tout le bénéfice en revenait au constructeur, cette loi ne donna que des déceptions à l'armement.

L'expérience n'ayant pas réussi, on la renouvela en 1893. Les primes des deux catégories furent augmentées.

Aux constructions, on alloua 65 *f* par tonneau de jauge brut, pour les navires en fer ou en acier, plus 150 *f* par 1 000 *kg* de machine. A l'armement on accorda par tonneau de jauge brute et par 1 000 milles parcourus, pour les navires à vapeur, 1,10 *f*, avec décroissance annuelle de 0,04 *f;* quant aux voiliers, la prime fut de 1,70 *f* avec décroissance de 0,06 *f*.

En outre, toute prime était refusée aux navires achetés à l'étranger, ce qui était un renforcement considérable du privilège octroyé aux constructeurs; on a vu plus haut qu'ils en ont usé de telle façon que les armateurs ne se hasardent, pour ainsi dire plus, à commander des vapeurs.

Par contre, il s'est trouvé qu'il n'y a pas équitable pondération entre la prime des vapeurs et celle des voiliers. Ceux-ci sont avantagés, si bien que nous assistons dans notre pays à la renaissance d'une industrie qui décline partout ailleurs.

Enfin, nous avons vu que sous le régime de cette loi de 1893 la marine marchande n'avait fait que décroître jusqu'à l'évidente déchéance.

En résumé, le système des primes a fait faillite; tout le monde en convient. Ce ne sera cependant pas une raison pour qu'on y renonce. Et, à tout prendre, les contribuables doivent se féliciter de cet insuccès. Si le système avait réussi à nous ramener seulement au rang qu'occupe actuellement l'Allemagne, les primes à allouer en 1897 eussent atteint près de 78 millions de francs; elles n'ont été que de. . . . . 11 millions.

Il faut y ajouter, il est vrai, les primes à la grande pêche, qui s'élèvent à près de. 4

Et les subventions aux Compagnies postales . . 25

Les encouragements que la nation donne à l'industrie maritime s'élèvent donc annuellement à. . 40 millions

Nous venons de voir que les résultats sont médiocres.

L'Allemagne ne s'y est pas trompée. Elle a vu que la liberté d'acquérir son matériel, de contracter librement avec son personnel et ses équipages étaient la raison des succès de l'industrie maritime britannique. On avait vu, d'ailleurs, les États-Unis donner un exemple en sens contraire; leur marine si active, si prospère, dans la première moitié de ce siècle, eut un déclin aussi rapide qu'une disparition au lendemain de l'établissement du tarif de douanes, qui suivit la guerre de la sécession. Les Américains avaient établi ce tarif, en partie, dans une pensée hostile aux Européens, dont l'attitude pendant la guerre leur avait paru peu sympa-

thique. Le premier effet fut de tuer leur plus brillante industrie. En 1859, le pavillon américain participait pour plus des deux tiers au mouvement des ports de l'Union. Il n'en a plus aujourd'hui que la cinquième partie, et il a presque complètement renoncé à l'intercourse.

L'Allemagne de M. de Bismark, protectionniste cependant, a su éviter l'écueil qu'elle apercevait. Voulant une grande marine commerciale, elle lui a donné les moyens sûrs de grandir. Elle n'a pas cru à la nécessité de mesures spéciales pour le recrutement de ses navires de guerre. Ce recrutement se fait de la même façon et suivant les mêmes règles que pour l'armée de terre, avec une large application du procédé des réengagements primés.

Elle a, dès lors, considéré que l'industrie maritime devait être assimilée à toute autre industrie, et n'être l'objet d'aucune réglementation particulière. L'armateur y est sur ses navires comme l'industriel dans ses usines : il embauche librement son personnel, à des conditions débattues entre eux : il prend qui convient le mieux pour la besogne à faire — et c'est ainsi que les bateaux qui naviguent sous pavillon allemand dans l'Extrême-Orient n'ont souvent comme équipage que des Malais, des Chinois, des Somalis, mais pas un seul Européen, sauf le capitaine et le chef mécanicien. — Ceux-ci, d'ailleurs, ne sont pas obligatoirement des sujets de l'Empire. Il y a parmi eux des Danois, des Scandinaves, des Anglais, des Belges. La seule condition à laquelle ils sont assujettis est d'être porteur d'un brevet d'aptitude technique délivré par l'autorité allemande.

En second lieu, la loi de Douane de l'Empire du 24 mai 1885 (section 5. Chapitre X) stipule l'admission en franchise de droit, de tout ce qui entre dans la construction, la réparation, le gréement, l'aménagement des navires de mer, y compris les mobiliers, les compas, boussoles, baromètres, sextants, canons, fusils. outillage de toute sorte — et, par interprétation, cette disposition s'étend jusqu'à la lingerie et à la vaisselle des paquebots.

Tel est le régime qui fait prospérer l'industrie maritime allemande — je le cite, en terminant, et, sans autre péroraison, je le soumets à la réflexion de ceux qui souhaitent le relèvement de cette belle industrie, de la marine marchande, dont les navires devraient porter dans l'univers entier les couleurs de la France et apparaître à ceux d'entre nous qui sont loin, comme la consolante image de la patrie.

CHRONIQUE

N° 235.

Sommaire. — La navigation du Volga. — Historique du développement de la machine de navigation aux États-Unis. — La circulation dans les grandes villes. — Moteurs à pétrole et gazoline pour élévations d'eau. — Altitudes atteintes par les chemins de fer. — État actuel de la question du soudage électrique des rails.

La navigation du Volga. — Nous avons déjà donné, dans la Chronique de mai 1898, page 943, quelques renseignements sommaires sur la navigation du Volga. Nous croyons intéressant de les compléter en donnant ici un résumé succinct d'une communication récente sur le même sujet, faite par M. Renner, au groupe de Cologne, de l'Association des Ingénieurs allemands.

La superficie totale de l'empire de Russie peut être évaluée à 23 millions de kilomètres carrés, c'est sensiblement le sixième de la surface totale des terres du globe, laquelle est d'environ 140 millions de kilomètres carrés. La population s'élève à 125 millions d'habitants, soit les 38 centièmes de celle de l'Europe.

Au point de vue hydrographique, la Russie se divise en quatre bassins correspondant le premier à la Mer Glaciale, le second à la Baltique, le troisième à la Mer Noire et le quatrième à la Caspienne. Les étendues proportionnelles respectives de ces quatre bassins sont :

$$27 + 19 + 24 + 30 = 100.$$

Les longueurs totales des cours d'eau qui sillonnent ces bassins sont pour le premier, 12 000 *km*, le second 23 000, le troisième 27 000 et le dernier, celui de la Caspienne, 48 000. Un tiers de la longueur de ces voies d'eau est navigable et flottable.

Les canaux qui existent en Russie ont une longueur totale de 2 000 *km* ; ils réunissent les quatre bassins qui forment le territoire de l'empire et il y a en plus le canal Marie qui va de Saint-Pétersbourg à Rybinsk en traversant les lacs Ladoga et Onega.

Les voies navigables en Russie ont à lutter contre trois obstacles sérieux, les glaces pendant sept mois de l'année, les hautes eaux au printemps et les basses eaux en été. Aussi le trafic de la navigation fluviale doit il se concentrer dans un laps assez court, ce qui lui donne un caractère intensif. Le cours d'eau le plus important pour la navigation est le Volga. Voici les données relatives à ce fleuve, comparées à celles de trois autres grands fleuves d'Europe :

	Volga	Rhin	Elbe	Danube
Longueur.	3 735 *k*	1 225 *k*	1 165 *k*	2 900 *k*
Chute totale. . . .	239 *m*	2 344 *m*	1 410 *m*	1 113 *m*
— par kilomètre.	0,064	1,913	1,210	0,385

On voit que le Volga est caractérisé par une pente très faible. Il reçoit plus de 100 affluents dont la longueur totale atteint 24000 *km* et qui arrosent 1 500 000 *km*², soit près de trois fois la superficie de la France qui est de 530 000 *km*². La largeur varie entre 1 et 7 *km*, celle de sa vallée de 3 à 30 *km* et la profondeur d'eau de 2 à 12 *m*.

En dehors des bateaux de tout genre destinés à la navigation proprement dite, il existe sur le Volga de vastes pontons dont les plus grands mesurent 86 *m* de longueur, 12 *m* de largeur et 5 *m* de creux; ces pontons ont trois étages et servent de magasins, bureaux et logements d'employés aux Compagnies de navigation; ils se trouvent principalement dans les ports d'hiver que ces Compagnies ont aménagés sur les bords du fleuve pour garer le matériel flottant pendant la saison des glaces et le préserver contre les débâcles et qui se trouvent notamment à Nijni-Novgorod, à Spaski Saton, à l'embouchure de la Kama, à Astrakan, etc.

La navigation à vapeur sur le Volga ne date que de 1843, époque ou l'ingénieur hollandais Koentgen remorqua le premier train de bateaux entre Samara et Nijni (1). On employait avant les bateaux cabestans mus par des chevaux et on les employait encore il n'y a pas longtemps (2). On mettait alors une saison tout entière pour remonter les 1 387 *km* qui séparent Samara et Rybinsk, sur le cours du Volga.

Voici quelques chiffres relatifs au développement de la navigation à vapeur; ce sont les nombres de bateaux mis en service dans diverses périodes successives :

Août 1850.	8	bateaux à vapeur.
de 1850 à 1860.	137	—
1860 à 1870.	184	—
1870 à 1880.	188	—
1880 à 1890.	486	—
1890 à 1892.	93	—
TOTAL. . .	1 096	—

Quelques-uns des bateaux du Volga ont de très grandes dimensions : nous citerons comme exemple le *Borjarius*, bateau à roues pour service de voyageurs qui a 87 *m* de longueur, 9,20 de largeur, 3,2 *m* de creux et une puissance de 1 000 *ch*; le *Feld-Marechal Suwaroff*, bateau pour service rapide de marchandises qui a 90 *m* de longueur, 10,7 *m* de largeur et 2,8 *m* de creux, le bateau *Anna* pour service de marchandises à petite vitesse dont les dimensions sont 84 *m* de long, 8,6 *m* de large et 3,2 de creux. Le remorqueur *Grand-Duc Constantin* a 75 *m* sur 8.5 et 3 *m*. Ces bateaux sont tout à fait comparables aux vapeurs analogues du Rhin, de l'Elbe et du Danube. La note, dont ces renseignements sont extraits, donne les profils superposés de divers bateaux à vapeur et barques de ces divers cours d'eau. Il est à remarquer que ces bateaux à vapeur appartiennent à un très grand nombre de propriétaires, près de 500; il n'y a pas de Compagnies possédant un matériel important.

On compte sur le Volga une force de 1 *ch* pour remorquer 1 000 pouds

(1) Voir Chronique de Décembre 1889, page 757.
(2) Voir Chronique de Juin 1890, page 829.

soit 16 380 *kg* de charge. Les grands remorqueurs ayant des machines de 1 200 à 2 000 *ch* peuvent remorquer des trains de 2 200 à 3 300 tonnes.

Sur le Haut-Volga est installé le touage à chaîne; il y a deux Compagnies qui possèdent ensemble 21 toueurs. On trouve des ateliers de réparation et des docks flottants à Astrakan notamment. Ces docks flottants sont en bois. Il est à remarquer qu'il n'existe pas d'appareils de ce genre sur le Rhin.

Les bateaux à voyageurs du Volga sont construits sur les types américains et ont les cabines sur le pont; les premiers ont été faits par les chantiers Cockerill; aujourd'hui, ils viennent d'Allemagne ou de chantiers établis sur la Caspienne. Un grand atelier a été établi récemment à Sormovo, près de Nijni-Novgorod pour la construction des bateaux pour la navigation fluviale.

Ces bateaux sont chauffés au pétrole ou plus exactement avec des résidus de la distillation de pétrole qu'on appelle *astatki;* ce combustible est logé dans des récipients placés au milieu du bateau. Les installations sont luxueuses pour la première classe, convenables pour la seconde et très simples pour la troisième. Les bateaux peuvent, selon leurs dimensions, recevoir de 24 à 60 passagers de 1re classe, 60 à 100 de 2e, 200 à 300 de 3e en cabines et 1 000 des mêmes sur le pont. Ils peuvent en même temps porter dans leurs cales de 300 à 600 tonneaux de marchandises.

Les barques destinées à être remorquées appartiennent à divers types; les plus grandes ont 98 *m* de longueur, 11 *m* de largeur et 2,50 *m* de creux. En général, les formes sont peu favorables à la traction, les bateaux sont très larges et ont peu de creux, des angles droits raccordent le fond et les parois verticales. Ce matériel est très inférieur à celui de l'Elbe et du Rhin; on compte 15 000 de ces barques d'un tonnage variant de 160 à 2400 tonnes. On compte en moyenne 7 barques par train remorqué.

Les chemins de fer font une grosse concurrence à la navigation du Volga; il y a sept lignes de chemins de fer qui suivent des directions à peu près parallèles au fleuve et on vient d'en établir quatre qui y aboutissent. Le matériel de déchargement de la voie fluviale est tout à fait insuffisant.

Voici quelques chiffres comparatifs relatifs au matériel de navigation de divers fleuves :

	Rhin	Elbe	Danube	Volga
Longueur	1 295	1 156	2 900	3 735
En 1893 : vapeurs. . . .	344	210	388	1 096
— barques . . .	3 439	2 900	2 756	10 500
Trafic en 1894 en millions de tonnes	19,9	12,4	5,5	30

Le trafic du Volga se compose surtout de céréales, naphte, pétrole, bois et matériaux de construction.

Ce fleuve débouche dans la Caspienne par un delta à branches nombreuses qui constitue un obstacle sérieux pour la navigation. Le trafic se développe beaucoup sur la Mer Caspienne et il y a des navires

à vapeur tout à fait comparable à ceux de la Baltique. En 1896, on comptait 190 vapeurs avec 120 000 *tx* et 523 navires à voiles avec 200 000 *tx* plus 120 grosses barques pour le transport du naphte.

Historique du développement de la machine de navigation aux États-Unis. — Nous avons reproduit sous ce titre dans la Chronique de juin 1898, page 1141, une intéressante notice de M. Ch. H. Haswell, lue devant l'*Institution of Naval Architects*. L'auteur a donné à cette notice une suite, également présentée à la même Société savante, et que nous donnons ci-après.

M. Haswell, ayant essayé, dans sa première note, de rappeler les phases successives par lesquelles ont passé la construction des machines marines et la navigation par la vapeur aux États-Unis, croit devoir réparer certaines omissions et donner certains développements qui lui ont paru nécessaires pour que la question qu'il a traitée soit suffisamment élucidée.

John Stevens d'Hoboken, N. J., appliqua le parallélogramme articulé imaginé par James Watt, en 1784, au guidage de la tige du piston du vapeur *Phoenix*, puis, en 1809, il patenta une disposition de tête de tige de piston et de glissières remplissant le même but. En 1817, son fils, Robert L. Stevens, appliqua à une machine de bateau une détente mue par une came et, en 1825, il installa sur le *Trenton* une disposition de bielle à fourche reliant la tige du piston au balancier, disposition qui, quelques années après, fut simplifiée par l'emploi de deux bielles parallèles qui a subsisté jusqu'à l'époque actuelle.

Jusqu'en 1821, époque de la construction du vapeur *Hoboken*, les *ferry-boats* ou bateaux de passage étaient faits avec deux coques entre lesquelles était placée la roue à aubes, et, à l'exception d'un bateau sur la rivière du Nord et d'un sur celle de l'Est, ces ferry-boats étaient mus par des chevaux. Jusqu'en 1829, ces bateaux étaient gouvernés par une barre placée à l'arrière directement sur le gouvernail et la manœuvre était commandée par un homme placé sur un des tambours en l'absence de plate-forme ou passerelle de commandement. Les pilotes des bateaux de voyageurs, même ceux qui allaient de New-York à Albany, New-Hawen et Providence, n'avaient d'autre abri contre les intempéries qu'un morceau de toile goudronnée allant du pont à mi-corps et maintenu n'importe comment. A cette époque, les rivets, boulons, écrous, etc., en fer ou en cuivre étaient faits à la main, les pompes de cale et les tuyaux d'injection étaient en plomb et ces derniers, ainsi que les tuyaux de décharge de la bâche, n'avaient pas de moyen d'arrêt avec l'extérieur.

Dans les machines construites antérieurement à 1824 et même dans certaines plus récentes, les soupapes d'admission et d'échappement dans les machines à condensation étaient si mal proportionnées pour le volume de vapeur qu'elles devaient débiter que la vapeur éprouvait une résistance au passage, laquelle donnait lieu à un bruit très désagréable qui caractérisait la marche de ces machines.

En 1822, Robert L. Stevens augmenta notablement les dimensions de ces soupapes en donnant aux soupapes simples le tiers du diamètre

du cylindre et aux soupapes doubles le diamètre correspondant (soit le quart environ). Les soupapes à double siège furent introduites en 1830 par cet Ingénieur, sur le bateau *New-Philadelphia*.

Sur l'Hudson, la Delaware et les rivières analogues, le débarquement des passagers d'un bateau à vapeur, lorsque leur nombre ne dépassait pas la contenance du canot du bateau, s'opérait en mettant celui-ci à l'eau, y faisant asseoir les voyageurs, puis on remorquait le canot par une longue haussière qui servait à le ramener lorsque les passagers étaient débarqués sur le quai ; cette haussière s'enroulait sur un tambour mû par la machine du bateau qui ne s'arrêtait, pour ainsi dire, pas pendant le débarquement.

1827. — Ce n'est guère qu'à cette époque que remonte l'emploi des cales de halage pour nettoyer la carène des bateaux. Avant cette époque, on déchargeait le navire et, au moyen de poulies frappées sur le haut des bas-mâts, on inclinait la coque de manière à découvrir les parois suffisamment pour y faire les travaux nécessaires.

1830. — Jusqu'à cette époque, les moulages en sable vert étaient si grossiers qu'il fallait enlever au marteau et au burin le sable durci et vitrifié qui recouvrait les surfaces du métal.

En 1837, une machine à condensation fut étudiée et construite à l'arsenal de la marine, à Brooklyn ; elle avait un cylindre de 0,102 *m* de diamètre et 0,305 *m* de course, une chaudière tubulaire horizontale et des roues à aubes de 1,05 *m* de diamètre. Cette machine fut mise dans le canot d'une corvette, canot dont on avait porté, à cet effet, la longueur à 10,60 *m* ; cet essai, fait sous la direction de l'auteur, constitue probablement la première application couronnée de succès de la vapeur à une embarcation ; la vitesse réalisée fut de 8.5 milles à l'heure.

1839. — Francis B. Stevens, de Hoboken, N. J., imagina la détente variable obtenue au moyen d'un second excentrique et d'un arbre à butoirs et l'appliqua avec succès, en 1840, au vapeur *Albany*.

Le 20 mai 1842, Frederick E. Sickles, de New-York, patenta l'appareil de détente variable connu sous le nom de *drop valve*. L'objet était de dégager la tige de la soupape d'admission (supposée verticale) à un point donné de la course du piston et d'eviter une descente brusque qui aurait produit des chocs bruyants et préjudiciables à la conservation des surfaces. Ce but fut atteint par l'emploi d'un petit piston sur lequel agissait un ressort d'air comprimé. Cette disposition donnait un fonctionnement si parfait que, sur la machine du vapeur de la marine des États-Unis, *Water Witch*, on put se dispenser de placer une soupape d'arrêt à l'entrée de la machine ; il suffisait, pour empêcher le piston de se mouvoir, de fixer la détente à l'origine de la course.

En 1842, Edwin A. Stevens, de New-Jersey, patenta et appliqua, sur le vapeur *Rainbow*, une disposition de chambre de chauffe close, alimentée d'air par un ventilateur placé à l'extérieur et ce système fut introduit en 1845, sous la direction de l'auteur, sur le vapeur de la marine des Etats-Unis *Mississipi*.

En 1842, le capitaine John Ericsson étudia l'application de branches d'hélice sur les flancs d'un bateau à vapeur, ces hélices agissant comme des roues latérales à aubes obliques ; chacune était actionnée par une

machine à haute pression à rotation rapide. Les résultats ne furent pas satisfaisants et les chaudières furent remplacées par d'autres plus puissantes. Mais les choses n'allèrent pas mieux et on dut reconnaître que c'était les propulseurs qui laissaient à désirer. On les enleva ainsi que les moteurs et on remplaça le tout par des roues à aubes mues par une machine ordinaire verticale à balancier.

En 1844, on appliqua pour la première fois du zinc à la carène d'un navire, le remorqueur de la marine des États-Unis *Legara*, dans le but de prévenir l'oxydation des tôles par l'attaque du zinc ; cette application réussit si bien qu'elle fut faite, en 1847, sous la direction de l'auteur, aux chaudières de la corvette à vapeur de la marine des États-Unis *Princeton*.

1844 (24 juillet). — Henry R. Worthington, de New-York, patenta les pompes à vapeur indépendantes (petits chevaux) pour alimentation, incendie et épuisement à la cale et, en 1859, le moteur à double distribution.

Le 22 juillet 1846, Francis B. Stevens déposa au Patent Office, à Washington, un *caveat* dans lequel il proposait d'injecter de l'air sous la surface mouillée de la coque d'un navire, pour réduire la résistance par friction. En 1847, après des expériences faites sur le canal de Delaware et Raritan, sur des modèles trainés par une locomotive roulant sur une voie établie sur la berge, des patentes furent prises aux États-Unis, en France et en Angleterre par cet Ingénieur associé avec son oncle, Robert L. Stevens, et, en 1848 et 1849, ils appliquèrent cette idée sur le vapeur *John Neilson* ; il fut reconnu que la vitesse du bateau était augmentée.

1848. — Frederick E. Sickles étudia le premier l'emploi d'une machine à vapeur pour actionner le gouvernail d'un navire et l'introduisit dans la pratique avec succès.

La circulation dans les grandes villes. — Sir John Wolfe Barry, président de la *Society of Arts*, a, dans son discours d'installation, le 16 novembre 1898, pris pour sujet les moyens de communication à Londres. Il a fait allusion à des renseignements qu'il avait reçus de sources officielles sur la circulation et les moyens de transport dans les grandes villes étrangères, mais ne les a pas reproduits dans son discours. Le *Journal of the Society of Arts* a eu la bonne idée de donner ces renseignements à titre de supplément et nous pensons qu'on les trouvera ici avec intérêt, bien que certains soient un peu incomplets.

Ces renseignements peuvent se classer sous quatre titres : 1° nombre journalier des personnes entrant dans la ville ou en sortant ; 2° moyens de transport et leur importance ; 3° nombre de véhicules passant à des endroits donnés ; 4° largeur des voies publiques.

1° Nombre de personnes entrant par jour dans certaines villes ou en sortant.

Il est ici question seulement de Berlin, de Vienne et de New-York.

Le nombre moyen de personnes qui entrent par jour à Berlin est estimé à environ 150 000.

En 1896, il est entré par chemins de fer, à Vienne, 5 291 317 personnes, ce qui donne une moyenne journalière de 14 500.

A New-York, le nombre moyen de piétons traversant le pont de Brooklyn, par jour, en 1897, a été de 138 473. Le nombre moyen de véhicules, 4 500.

	Piétons.	Véhicules.
Le 10 novembre 1897 (24 heures). .	144 509	4 617
Nombre maximum par heure (de 3 à 6 heures du soir)	19 262	472
Nombre minimum par heure (de 3 à 4 heures du matin)	422	27

2° Moyens de transport.

Berlin. — Les dépenses annuelles d'exploitation des divers moyens de transport pour les voyageurs sont les suivantes :

Chemins de fer	de	3 750 000	à	5 000 000 *f*
Tramways (lignes électriques comprises)	de	16 250 000	à	18 750 000
Omnibus	de	5 000 000	à	6 250 000

Bruxelles. — A Bruxelles, les différentes lignes de chemins de fer et tramways et leur trafic annuel peuvent être établies comme suit : tramways bruxellois, 16 lignes à chevaux et 5 électriques qui ont transporté, en 1896, 30 760 989 voyageurs et, en 1897, 39 304 795. La Société générale des Chemins de fer économiques a 5 lignes exploitées par chevaux et a transporté, en 1896, 3 146 300 voyageurs et, en 1897, 4 098 450. La Société des Chemins de fer vicinaux, avec 1 ligne à chevaux, a transporté, en 1896, 910 360 voyageurs et, en 1897, 905 020. La Société du Central Car, 1 ligne à chevaux, 796 149 voyageurs en 1895, 1 018 800 en 1896 et 1 445 195 en 1897. La Société du Tram Car, 1 ligne à chevaux, 2 658 493 voyageurs en 1896 et 2 806 330 voyageurs en 1897. La Société des Chemins de fer à voie étroite, 5 lignes électriques. La Société Nationale des Chemins de fer vicinaux, 8 lignes dont 7 à vapeur et 1 électrique, 1 687 737 voyageurs en 1895, 2 110 830 en 1896 et 2 203 881 en 1897.

Vienne. — A Vienne, il n'y a pas de chemin de fer électrique. Un métropolitain est en construction et 34 *km* sont ouverts à l'exploitation ; les tarifs kilométriques sont : 1re classe, 0,075 *f* ; 2e classe, 0,05 *f* ; et 3e classe, 0,025 *f*.

On compte 57 *km* de tramways exploités avec 738 voitures, dont 70 mues par l'électricité. Les tarifs par zone sont : de la 1re à la 2e zone, 0,10 *f* ; de la 1re à la 3e zone, 0,15 *f* ; de la 1re à la 4e zone, 0,20 *f* ; de la 1re à la 5e zone, 0,30 *f* et de la 1re à la 6e zone 0,40 *f*. De la 2e à la 3e zone on paye 0,05 *f* ; de la 4e à la 5e zone, 0,10 *f*, etc.

Il y a 520 omnibus, dont les prix sont de 0,175 *f*, 0,225 *f*, 0,30 *f* et 0,375 *f*, suivant la distance. Le tarif par zone est aussi appliqué aux omnibus et au chemin de fer métropolitain.

Il y a 972 fiacres à 2 chevaux et 1 514 fiacres à 1 cheval ; ces voitures sont numérotées et en dehors de celles-ci il y a 1 298 voitures non nu-

mérotées à 1 ou 2 chevaux. Les prix d'un district à un autre sont de 2,25 *f* pour 2 chevaux et 1,50 pour 1 cheval ; d'un point à un autre du même district, 1,50 *f* pour 2 chevaux et 1 *f* pour 1 cheval. A l'heure, on paie 1 *f* par quart d'heure pour 2 chevaux et 0,75 *f* pour 1 cheval.

New-York. — Les moyens de communication principaux à New-York sont les chemins de fer aériens, les tramways à la surface et les ferry-boats. Le nombre de voyageurs transportés dans l'année finissant le 30 juin 1897, sur le territoire qui forme aujourd'hui la Cité de New-York, a été de 862 552 717. On peut faire le tour de la ville, par le Manhattan Elevated Railway, parcours 27 *km*, pour le prix de 5 cents, soit 0,25 *f*.

Washington. — Il y a à Washington 290 *km* de rues asphaltées ; on dit qu'il y circule 40 000 bicycles. Les tramways électriques et à câble transportent en moyenne 143 000 voyageurs par jour. Le prix avec correspondance est de 0,25 *f*.

Le nombre des fiacres et cabs pourvus de licences est de 441. Les prix se divisent en prix de jour (de 5 heures du matin à minuit et demi), et prix de nuit (de minuit et demi à 5 heures du matin) et sont comptés à la course ou à l'heure. Les tarifs pour les voitures à 2 chevaux sont à peu près doubles de ceux pour les voitures à 1 cheval.

3° Circulation a certains endroits.

Berlin. — Voici les points de plus grande circulation de 6 heures du matin à 10 heures du soir :

	Piétons.	Voitures.
Place de Postdam	85 580	16 310
Porte de Brandebourg	70 600	9 254
Sous les Tilleuls, au coin de la Friedrich Strasse	120 800	13 246
Königstrasse, coin de Spandauer Strasse.	92 300	12 978
Place Alexandre	151 220	11 915
Pont de la Belle Alliance	112 751	10 240
Pont d'Oranien	98 680	7 843

Paris. — On a compté, passant en 24 heures par l'avenue de l'Opéra, 29 460 voitures attelées de 36 185 chevaux.

Washington. — Le nombre des véhicules passant en 24 heures au coin de Pennsylvania-Avenue et de Seventh Street, un des points les plus fréquentés de la ville, est de 9 726, ce chiffre relevé du 5 novembre 1898 à midi au lendemain à la même heure. Ces véhicules contenaient 16 848 personnes.

4° Largeur des rues.

Berlin. — La voie dite « Sous les Tilleuls », comprenant une large avenue avec deux rangées d'arbres sur à peu près la moitié de la longueur, a 60 *m* de largeur ; la Leipziger Strasse, 22 ; la Friedrich Strasse, 22 ; la Friedrich Strasse, de l'angle de Sous les Tilleuls au coin de Behren Strasse, 12,50 *m* : la König Strasse, 17,50 *m*. Dans ces largeurs sont compris les trottoirs des deux côtés des rues.

Bruxelles. — Le boulevard circulaire, entre les places de Namur et Louise, a 66 *m* de largeur; l'avenue Louise, 55 *m*; l'avenue du Midi, 36 *m*; le boulevard Anspach, 28 *m*; le boulevard du Nord, 24 *m*; la rue du Nord, 20 *m* et la rue Royale, 20 *m*.

Paris. — La rue de Rivoli a 27 *m* de largeur, la rue Montmartre 22 *m*, l'avenue de l'Opéra 30 *m*, les grands boulevards (maximum) 35 *m*, l'avenue des Champs-Élysées 70 *m*, l'avenue de la Grande-Armée 90 *m*, et l'avenue du Bois-de-Boulogne 120 *m*.

Vienne. — La Ringstrasse a 57 *m* de largeur, la Kärntnerstrasse (partie supérieure) 20 *m*, la même (partie inférieure) 36 *m*, la Praterstrasse 35 *m*, la Rennwegg 20 *m*, la Hauptstrasse, dans les troisième et quatrième districts 20 *m*, la même, dans le cinquième district, 22 *m*.

New-York. — Les rues varient à New-York de 18 à 45 *m* en largeur. Les rues ordinaires de résidences commençant à First Street et traversant l'île de Manhattan de l'est à l'ouest, jusqu'à la 220e rue, ont 18 *m* de largeur, excepté à des intervalles de 800 *m* environ où elles ont 30 *m*. Les avenues qui vont vers le nord et l'ouest à angle droit avec les rues transversales ont de 25 à 45 *m*.

Au-dessus de Houston Street ou First Street, dans l'île de Manhattan, les rues ont des largeurs irrégulières, ce qui tient à ce qu'elles ont suivi la direction des sentiers ou chemins tracés à l'origine selon leur convenance par les premiers colons et immigrants.

Washington. — La plupart des avenues qui portent le nom des différents États ont 50 *m* de largeur entre les façades des maisons, avec une chaussée de 16 à 33 *m*.

	Largeur totale.	Largeur de chaussée.
Avenue Virginia.	50 *m*	15 *m*
— Maryland	50	15
— Delaware	50	15
— New Jersey	50	15
— Pennsylvania.	50	33
— North Carolina. . . .	50	15

Moteur à pétrole et gazoline pour élévation d'eau. — Nous avons parlé, dans la Chronique de mai dernier, page 876, de l'emploi des moteurs à gazoline pour les élévations d'eau. L'intérêt que présente cette question nous engage à donner ici le résumé d'un mémoire lu, devant la New England Water-Works Association, par M. Freeman C. Coffin, Ingénieur, qui a établi un nombre considérable d'installations de ce genre et en a, par conséquent, une grande expérience.

La première qu'ait faite M. Coffin est celle de Cohasset, Mass., destinée à fournir une quantité d'eau supplémentaire à la distribution de cette ville. On devait faire les choses le plus économiquement possible. On choisit une pompe verticale triple à simple effet de Blake ayant des plongeurs de 0,165 *m* de diamètre et 0,204 *m* de course, donnant 560 *l* d'eau par minute à sa vitesse normale. Le moteur était une machine

Hornsby-Akroyd, construite par la De La Vergne Refrigerating Company et était accouplée à l'arbre du pignon de la pompe par un embrayage à friction.

Le moteur était garanti pour un travail d'au moins 13 *ch* avec une consommation de 0,453 *kg* d'huile s'enflammant à 82° C. par cheval-heure. La pompe était garantie pour un rendement de 70 0/0. Lorsqu'on essaya le moteur avec un frein dynamométrique, on constata une puissance de près de 15 *ch* avec une consommation de 0,420 *kg* d'huile par cheval-heure.

En essayant l'ensemble du moteur et de la pompe, dans des conditions semblables, on constata une dépense de 0,600 *kg* par cheval-heure mesurée en eau montée.

On mit l'installation en route le 31 mai 1898 et elle fonctionna jusqu'au 26 octobre. Pendant ce temps, elle avait marché 115 jours et élevé 45045 m^3 d'eau. Si on déduit la quantité employée au refroidissement des cylindres du moteur, on trouve un volume d'eau net de 44 381 m^3 d'eau élevé à la hauteur moyenne de 49 *m*. La quantité totale d'huile dépensée a été de 6 596 *l* et on constata, par expérience, que 1 *l* d'huile représentait un poids de 0,780 *kg*.

La surveillance de l'appareil se bornait à la mise en route, le matin, au graissage à midi, parce que les godets graisseurs étaient de trop faible capacité, et à l'arrêt le soir. Dans le cours de la journée, le bâtiment de la machine était fermé à clef. Le coût de l'installation, non compris le bâtiment et les fondations, mais compris les manomètres, compteurs, etc., s'est élevé à 7 800 *f* environ.

La seconde installation a été faite pour la distribution à haute pression de Winchester, Mass. La pompe était verticale, triple à simple effet, avec des plongeurs de 216 × 305 *m*, pouvant donner 1 320 *l* d'eau par minute. Le moteur était une machine Hornsby-Akroyd de 20 *ch*, fonctionnant au pétrole. Voici les résultats obtenus dans les essais de cette installation :

Durée de l'essai	5 heures
Charge moyenne en mètres	43,50 *m*
Nombre de tours total	12007
— — par minute	40
Volume par tour	33,44 *l*
Perte par la pompe, mesurée	75,6
Volume total élevé (en négligeant la perte)	401 296
Travail total en kilogrammètres	17 456 376
Travail en chevaux en eau montée	12,93
Volume total d'huile employée	40 110 *l*
Travail en kilogrammètres par litre d'huile	435 200
— — par kilogr. d'huile	558 000
Huile consommée par cheval-heure en eau montée	0,484 *kg*

La quantité d'eau employée pour le refroidissement des cylindres du moteur a été de 25 *l* en nombre rond par cheval produit. Le coût de cette installation, y compris les conduites, le montage, les manomètres

et appareils de mesure, mais non compris le bâtiment et les fondations, a été de 15 000 *f* environ.

M. Coffin a fait une installation de moteur à gaz pour actionner des pompes pour élever des eaux d'égouts à Charlottetown, île du Prince Édouard. Il s'agissait d'élever les eaux de deux sections de la ville, à raison de 945 m^3 par jour. A chacune des deux stations est placé un moteur à gaz avec deux pompes centrifuges : l'une correspondant à la force totale du moteur, l'autre à la moitié.

La petite pompe marche continuellement et un petit réservoir sert à compenser les faibles irrégularités de l'afflux des eaux. La grande pompe est employée lorsqu'il s'agit de décharger les eaux d'égout à certains moments de la marée ou lorsque l'afflux est notablement supérieur au débit de la petite pompe. La marche de chaque installation est arrêtée d'une façon automatique lorsque l'eau cesse d'arriver ; dans ce cas, un flotteur supprime l'accès du gaz au moteur. La surveillance se borne à mettre le moteur en route et à remplir les godets graisseurs.

M. Coffin conclut de ses expériences qu'une installation à pétrole bien comprise élève un million de gallons à un pied par gallon d'huile brûlée dans le moteur, ce qui correspond à 3 15 000 *kgm* par litre et à 391 000 par kilogramme d'huile en supposant une densité de 0,780.

Ces chiffres supposent une consommation de 0,453 *kg* de pétrole par cheval-heure et un rendement de 65 0/0 pour la pompe. D'après les essais faits par d'autres ingénieurs, on aurait, avec la gazoline, une dépense un peu moindre.

Quant au gaz, il y a de telles différences dans sa qualité d'un endroit à l'autre qu'il est difficile de donner des chiffres, néanmoins M. Coffin estime que 130 pieds cubes de bon gaz de ville doivent faire le même travail qu'un gallon de pétrole, ce qui donne 963 *l* de gaz pour 1 *l* de pétrole.

Sur ces bases, le coût de l'élévation de l'eau s'établirait comme suit :

	Pétrole à 12 1/2 cent. le litre.	Gazoline à 12 1/2 cent. le litre.	Gaz à 18 cent. le m. cube.
Pour élever 1 000 m^3 à 1 *m*. . . .	41 cent.	36,4 cent.	60 cent.

On peut faire une comparaison des dépenses d'installation de stations de diverses capacités avec des moteurs à vapeur et des moteurs à combustion intérieure. Les installations à vapeur ont des machines compound à triple expansion avec condensation, des chaudières, cheminées, hangars à charbons, etc., que ne comportent pas les autres. Le mémoire donne des tableaux graphiques représentant les dépenses d'établissement et de service pour les diverses capacités.

Nous regrettons de ne pouvoir reproduire ces tableaux qu'on trouvera dans le numéro du 29 décembre 1898 de l'*Engineering Record* duquel nous avons traduit et résumé ce qui précède.

Altitudes atteintes par les chemins de fer. — Le journal de l'Association pour le développement des chemins de fer d'intérêt local et tramways, donne, d'après la *Deutsche Bauzeitung*, des renseignements intéressants sur les altitudes atteintes par les chemins de fer.

En Europe, le Brenner atteint 1 362 *m*, le Mont-Cenis et l'Arlberg 1 300, le Gothard 1 155, la ligne du Höllenthal 894 et le Semmering 882. Dans l'Amérique du Nord, on peut citer le Northern Pacific 1 700 *m*, le Canadian Pacific 1 800 et l'Union Pacific 2 513 *m*. Le chemin de fer mexicain, qui part de Vera-Cruz au niveau de la mer, atteint des altitudes de 2 160 *m*, 2 415 *m* et 2 740 *m*.

On trouve des hauteurs plus considérables sur des lignes de montagnes des États-Unis, qui ne sont pas des lignes transcontinentales; ainsi le Danver and Rio Grande et ses embranchements arrivent à 3 120 *m*, 3 300 *m* et 3 450 *m*. Ces altitudes sont dépassées par les passages à travers les Andes des lignes de l'Amérique du Sud. Le chemin de fer entre le Chili et la Bolivie atteint 3 960 *m*. Les rails du chemin de fer du Sud sont posés sur 210 *km* de longueur à l'altitude de 4 000 *m* et le col est franchi à celle de 4 470 *m*. Le Central Peruvian court sur 20 *km* à la hauteur de 4 470 et son point culminant est à 4 744 *m*.

Un chemin de fer mixte à adhérence et à crémaillère, la ligne de l'État de Bosnie et Herzégovine, atteint l'altitude de 880 *m*, la ligne analogue de Vordernberg-Eisenerz, en Styrie, 1 200 *m*, le chemin du même système de Beyrouth-Damas 1 200 *m* également.

Voici les altitudes atteintes par quelques chemins à crémaillère : Gaisberg 1 286 *m*, Monte-Generoso 1 600, Rigi 1 751, Pilate 2 076, Rothorn 2 250, chemin de fer de la Jungfrau (entre la Petite Scheidegg et le Glacier de l'Eiger) 2 307. Aux Etats-Unis, le chemin de fer à crémaillère du Pikes Peak arrive à 4 000 *m*. Le point le plus élevé atteint par un chemin de fer funiculaire est 1 850 *m*, sommet de la ligne du Stanserhorn.

Nous devons faire observer que cette nomenclature est très incomplète. On n'a eu probablement l'intention que de parler, pour l'Europe, des lignes franchissant des chaînes de montagnes; il est intéressant de rappeler cependant qu'il y a beaucoup de points ou les chemins de fer dépassent l'altitude de 1 000 *m;* en France, par exemple, au Lioran, 1 152 *m*, au passage des Cévennes, ligne d'Alais à Brioude, 1 029 *m*, à Briançon 1 300 *m* environ ; en Espagne, le passage du Guadarrama, 1 360 *m*. Enfin, dans ces nomenclatures, on néglige toujours d'indiquer les deux points les plus élevés atteints en Europe par des chemins de fer à adhérence et qui sont 1 607 *m* pour la ligne Kaltbad-Scheidegg, et 1 633 *m* pour les chemins de fer des Grisons, ligne de Landquart à Davos, ces deux dernières à voie de 1 *m*, situées en Suisse (1). La première est un chemin de fer de touristes ouvert seulement en été, mais la seconde est exploitée toute l'année.

Le point le plus élevé atteint actuellement en Europe par un chemin de fer d'un système quelconque est le terminus de la ligne électrique à crémaillère du Görner-Grat, situé à l'altitude de 3 050 *m*.

État actuel de la question du soudage électrique des rails. — M. H. F. A. Kleinschmidt, Ingénieur de la Johnson Company,

(1) On ne peut mettre ces omissions sur le compte de la date trop récente d'ouverture de ces lignes dont la première existe depuis *vingt-cinq ans* et la seconde depuis près de dix.

donne, dans le *Street Railway Journal*, un aperçu intéressant sur l'état actuel de la question du soudage des rails par l'électricité.

Dans les opérations de ce genre faites, il y a quelques années, par la Johnson Company, on avait constaté un changement dans la nature de l'acier et on avait attribué ce changement à l'action du courant électrique. Quelle que fût la cause véritable, la Compagnie suspendit ses opérations et se livra à une série très complète d'expériences. On essaya plusieurs méthodes de recuit du métal après le soudage, et cela sans résultat. Enfin, l'auteur arriva à un procédé très simple qui ôte toute possibilité de modification dans la structure de l'acier et donne une soudure très résistante. Ce procédé consiste tout simplement à concentrer la chaleur dans des points déterminés en employant, au lieu de barres plates, des barres munies de protubérances ou bosses qui viennent en contact avec le rail.

On sait que, dans le système de soudage employé par la Compagnie Johnson, les rails portent au joint deux barres accolées qui jouent le rôle d'éclisses et qu'on soude électriquement avec les rails.

Dans le procédé dont nous parlons, les bosses seules sont en contact avec les rails et la chaleur se concentre dans ces parties.

Dès que la température voulue est atteinte, le courant est arrêté ; on exerce une pression mécanique énergique sur les barres éclisses et, en même temps, on les refroidit rapidement par des moyens artificiels tels qu'un arrosage abondant. On obtient ainsi un effet analogue à celui du martelage dans le travail de la forge.

Les résultats obtenus sont tout à fait satisfaisants. Un effort de 160 000 *kg* n'a pas réussi à venir à bout d'une soudure ainsi faite. On emploie des barres de 25×75 *mm* de section avec trois protubérances ; une de ces barres est placée de chaque côté du rail ; les protubérances ont une forme allongée ; les barres ont 0,425 *m* de longueur. Il est bon de faire observer que les barres, en se refroidissant, se contractent et forcent les extrémités des rails en contact l'un contre l'autre, de manière à faire un joint très parfait.

En 1897, on souda par ce procédé les rails de 1 600 *m* environ de voie. Après un froid très vif pendant le premier hiver, on eut une fracture dans un ancien trou de boulon d'éclisses, mais il ne s'en est plus produit depuis. L'été dernier, 16 *km* de voie ont été soudés sur le Morson Electric Ry, à Brooklyn. Bien que le soudage des joints ait été opéré dans le moment le plus chaud, il n'y a eu qu'une rupture sur 180 joints, soit environ un demi pour cent. Ces rails avaient des trous de boulons d'éclisses poinçonnés ; il est nécessaire d'aléser ces trous pour plus de sécurité. Avec des rails non percés ou ayant des trous forés, les ruptures sont excessivement rares.

Le soudage électrique a passé la période d'expériences.

La Lorrain Steel Company exécute en ce moment 80 *km* de voie à Buffalo avec le procédé décrit. Sur cette longueur, 40 *km* sont en rails de 18,52 *m*, avec les extrémités non percées.

Pour les chemins de fer électriques, ce mode de faire les joints présente un grand avantage en assurant un bon retour de courant et la réduction au minimum des effets de l'électrolyse.

COMPTES RENDUS

SOCIÉTÉ D'ENCOURAGEMENT POUR L'INDUSTRIE NATIONALE

JUIN 1899.

Rapport de M. VIOLLE sur **les instruments de mesures électriques**, de MM. CHAUVIN et ARNOUX.

Ces appareils constituent une série très complète d'instruments de mesures utilisés dans l'industrie électrique et les laboratoires s'occupant d'électricité.

Ce sont d'abord des voltmètres et des ampèremètres de trois types: type industriel, type demi-précision et type de précision apériodique et à sensibilité variables, des galvanomètres enregistreurs, un potentiomètre portatif pour la mesure en unités C. G. S. des forces électromotrices, intensités et résistances électriques, etc. La description de ces appareils est accompagnée de figures explicatives.

Recherches sur la résistance mécanique du verre exécutées par M. GRENET, sous les auspices de la Société d'Encouragement.

Ces recherches comportent des essais à la traction et des essais à la flexion. Nous devons nous borner à reproduire les conclusions de l'auteur:

1° La résistance à la rupture par traction du verre varie dans des limites considérables avec la vitesse de mise en charge, dans le rapport de 1 à 4;

2° La résistance obtenue est la même dans les essais par flexion ou par traction sur des lames ou des baguettes, pourvu que la mise en charge soit assez lente. Dans les mises en charge rapides, ces différents modes d'essais conduisent, au contraire, à des résultats très différents;

3° La résistance limite à la rupture par traction d'un verre blanc de bonne qualité, comme la glace de Saint-Gobain, est voisine de 3 *kg* par millimètre carré.

Comptes rendus des **progrès réalisés dans l'étude et l'industrie des huiles essentielles et des parfums**, par M. A. HALLER.

Injection des traverses de chemins de fer et des bois de construction par des antiseptiques obtenus avec les déchets alcalins des usines de pétrole, d'après M. KARITSCHKOFF (Extrait du *Zapisky*).

L'auteur indique plusieurs procédés pour obtenir des produits antiseptiques avec les déchets de la distillation du pétrole et décrit les moyens d'employer ces produits. Un procédé, commode pour obtenir la

matière en grande quantité et dans un temps restreint, consiste à faire réagir l'acide provenant de la rectification du pétrole sur le cuivre en copeaux. Le sel de cuivre précipité est repris par la ligroïne (un des produits de la distillation) et lavé avec une solution de savon alcalin pour neutraliser l'excès de l'acide minéral et des sulfo-acides.

Ce produit vaut 20 kopeks et l'imprégnation d'une traverse en emploie environ 800 *g*. On se sert du procédé Bethel; on a calculé que les acides fournis par la distillation à Bakou permettaient l'injection de 22 millions de traverses par an.

Four tournant pour ciments.

On donne ici la description des fours Harry et Souman, très employés aux États-Unis, dans lesquels en emploie le combustible pulvérisé avec l'aide d'air comprimé à 1,5 *kg*.

Essai rapide des alliages de plomb et d'étain ou de plomb et d'antimoine, d'après M. J. Richards. (Extrait du *Journal of the Franklin Institute.)*

Expériences de micro-métallurgie. — Effets des déformations, d'après MM. Ewing et W. Rosenheim. (*Proceedings of the Royal Society.)*

On sait que si on examine au microscope une surface métallique polie légèrement attaquée par les acides, on constate qu'elle se compose de grains irréguliers nettement délimités, à facettes très nombreuses, d'une orientation bien définie et d'aspects variant avec l'incidence de la lumière qui les éclairent.

Les auteurs ont étudié les effets de la déformation sur ces grains cristallins et examinant au microscope et photographiant les aspects successifs que prenait, pendant l'étirage jusqu'à rupture, un groupe de ces cristaux. Ils ont opéré sur du fer et du cuivre, en soumettant le métal à la traction, la compression et la tension. La note reproduit un certain nombre des photographies obtenues avec un fort grossissement, permettant d'apprécier la modification des surfaces.

Sur la dilatation des alliages métalliques. Note de M. H. Le Chatelier. (*Comptes rendus de l'Académie des Sciences.*)

L'auteur a vérifié les résultats précédemment obtenus par lui et qui avaient été constatés au moyen d'expériences faites par la méthode de Fizeau modifiée et portant sur des alliages de cuivre et d'antimoine et de cuivre et d'aluminium. On a trouvé pour les premiers qu'au point de fusion maximum correspond un maximum de dilatation très supérieur à la dilatation du cuivre seul et de la combinaison définie. Ce fait suffit à prouver que l'alliage présentant ce double maximum ne peut être constitué par la juxtaposition de cristaux de cuivre et de la combinaison de cuivre et d'antimoine. Ce ne peut donc être qu'une solution solide. Les expériences restent à faire pour les alliages de cuivre et d'aluminium.

Notes de mécanique.

Nous signalerons parmi ces notes la description de la perceuse à air comprimé Olsen, du tour à revolver Lavigne, du système de distribution Drolot, de l'arrêt des machines à vapeur de Eskenroth et du procédé de liquéfaction de l'air d'Ostergren et Burger.

ANNALES DES PONTS ET CHAUSSÉES

1er Trimestre de 1899.

Paroles prononcées sur la tombe de M. J.-B. Krantz, Inspecteur général honoraire des Ponts et Chaussées, par M. Brosselin, Inspecteur général des Ponts et Chaussées.

Notice sur la vie et les travaux de M. Schlemmer, Inspecteur général des Ponts et Chaussées, par M. Ed. Collignon, Inspecteur général des Ponts et Chaussées en retraite.

Paroles prononcées aux funérailles de M. Paul Rabel, Inspecteur général des Ponts et Chaussées, par MM. Quinette de Rochemont, Guillain, Vallé et Colson.

Théorie et applications nouvelles du ciment armé, par M. Harel de la Noé, Ingénieur en chef des Ponts et Chaussées.

L'auteur expose les considérations sur lesquelles repose l'emploi du béton armé et qui peuvent se résumer par ce fait que le ciment, dans le voisinage des armatures métalliques auxquelles il est associé, doit suivre exactement les déformations de celles-ci à moins qu'il ne glisse contre le métal.

Il subit donc des allongements qui peuvent être vingt fois supérieurs a l'allongement de rupture quand il est isolé. Le fait de la résistance à la répétition indéfinie des effets s'explique par des considérations exposées par l'auteur dans une note écrite en 1898 et antérieure à la communication de M. Considère à l'Académie des Sciences du 12 décembre 1898.

L'emploi du ciment armé a été réalisé dans le département de la Sarthe ur des ouvrages où il a amené une économie remarquable. L'auteur cite des ponts de 7 *m* pour chemins de fer d'intérêt local ayant coûté 500 *f* et des passages supérieurs de 16 *m* ayant coûté 800 *f*. Le pont, dit en X, du Mans, qui a une longueur de 125 *m* et une longueur de 4 *m*, n'a coûté que 60 *f* par mètre carré.

Note sur **les conditions de résistance des barrages de réservoirs en maçonnerie**, par M. Barbet, Ingénieur en chef des Ponts et Chaussées.

L'auteur se propose de montrer que les conditions de résistance que doivent remplir les barrages d'après l'étude présentée en 1895 à l'Aca-

démie des Sciences, par M. Maurice Lévy, sont réalisées, pour les retenues de hauteur moyenne, lorsque la première est satisfaite, c'est-à-dire dès que la pression élastique normale à l'extrémité amont de chaque joint horizontal est au moins égale à la pression de l'eau du réservoir en ce point; — que, pour les grandes retenues, cette pression élastique doit dépasser celle de l'eau, mais que, si elle est suffisamment élevée pour qu'il n'y ait pas tendance au glissement dans le plan de base, la stabilité du barrage est partout assurée.

La note étudie à cet effet les deux cas simples où la section transversale de l'ouvrage serait triangulaire ou rectangulaire et montre que le profil réel d'un barrage, intermédiaire comme forme entre ces deux sections théoriques, est généralement plus satisfaisant que le triangle et ne se rapproche du rectangle, au point de vue de la répartition des charges, que sous de faibles profondeurs d'eau. La section triangulaire étant elle-même préférable à la section rectangulaire et permettant de répondre à toutes les conditions exigées de résistance, au moins pour les retenues admissibles, la démonstration, sans être mathématiquement rigoureuse, n'en sera pas moins pratiquement faite.

L'auteur tire de ses recherches les conclusions suivantes :

Si, dans un barrage en maçonnerie à parement d'avant vertical, la pression élastique n' normale à l'extrémité amont du plan de base est au moins égale à la pression de l'eau y en ce point; si, d'autre part, la distance du centre de gravité de la section transversale au parement d'amont est peu différente du tiers de l'empattement de l'ouvrage; si, enfin, le parement d'aval se profile tout entier, sans jarrets, en aval de la ligne droite joignant au niveau de l'eau l'extrémité aval du joint de base, la stabilité de toutes les parties de l'ouvrage sera assurée, pour les hauteurs de retenue inférieures à 30 m environ.

Pour les retenues plus élevées, le rapport $\frac{n'}{y}$ devra aller en croissant avec la profondeur totale de l'eau; il conviendra donc à la fois d'augmenter l'empattement du barrage et de le charger au sommet, afin de satisfaire à la condition de non-glissement dans le plan de base dont la réalisation seule suffira, en général, pour donner toute sécurité.

Notes sur **la construction du viaduc du Viaur** (ligne de Carmaux à Rodez), par M. Théry, Ingénieur des Ponts et Chaussées.

Cette note constitue une étude technique du viaduc de Viaur et contient quatre parties : 1° l'historique des études; 2° la description de l'ouvrage; 3° les calculs et 4° observations et conclusions techniques.

Les études de la ligne de Carmaux à Rodez ont été prescrites par une décision ministérielle du 7 avril 1876 qui recommandait en même temps de les diriger dans les conditions d'une stricte économie.

Le premier tracé, admettant des rampes de 25 0/00, prévoyait la construction d'un viaduc en maçonnerie de 82 m de hauteur et 236 m de longueur, devisé à 1 800 000 f.

Une variante, étudiée en même temps, réalisait la traversée du Viaur par un viaduc mixte et réduisait à la fois les déclivités et les dépenses. Ce dernier tracé fut déclaré d'utilité publique le 27 décembre 1879.

Sur ces entrefaites, l'attention fut appelée sur le type du pont en arc réalisé à Porto et adopté en principe pour Garabit, type dû à M. Eiffel. On entreprit de nouvelles études et, après plusieurs projets, on en adopta un par décision du 24 décembre 1881, ce projet comportant un viaduc métallique dont la construction devait faire l'objet d'un projet spécial. M. Berget, ingénieur chargé du service de la ligne de Carmaux à Rodez, étudia plusieurs solutions qui sont décrites avec figures dans la note : les unes comportaient des piles en maçonnerie, les autres, des piles métalliques. Après examen de ces projets par l'Administration, par la Compagnie des Chemins de fer du Midi, etc., il fut décidé qu'on ouvrirait un concours dans des conditions déterminées entre divers constructeurs offrant toutes garanties et dont chacun aurait à soumettre son projet avec toutes les justifications nécessaires et en prenant l'engagement de l'exécuter au prix de son estimation, si ce projet était agréé par l'Administration. Cette décision date du 18 janvier 1887. Le délai pour la remise des projets expirait fin 1887.

Sept soumissions furent déposées dont 2 par la maison Eiffel, 1 par la Société des Ponts et Travaux en fer, 2 par la maison Daydé et Pillet, 1 par M. Seyrig et 1 par la Société de construction des Batignolles. Par décision du 30 août 1889, le ministre des Travaux publics accepta le projet de la Société des Batignolles et invita celle-ci à lui soumettre le projet définitif de l'ouvrage.

Sept années s'écoulèrent encore avant que celui-ci fut adopté ; cela tient à ce que diverses décisions vinrent modifier les conditions d'établissement de l'ouvrage et en changer, par suite, les dimensions et le prix de revient. Le projet définitif fut adopté par décision ministérielle en date du 8 avril 1896. Il comporte une travée centrale en arc de 220 *m* d'ouverture et deux travées de rive constituées en partie par un encorbellement solidaire de la travée centrale et en partie par une travée de raccordement, appuyée d'un côté sur l'extrémité de l'encorbellement et de l'autre sur une arrière-culée en maçonnerie. L'ouverture de chaque travée de rive est de 95 *m*.

L'arc comprend deux formes principales supportant la voie à leur partie supérieure et butant à leur partie inférieure, par l'intermédiaire d'articulations, contre des culées en maçonnerie encastrées dans le rocher.

Les fermes, pièces de pont, longerons, entretoises et contreventements de l'arc et les garde-corps sont en acier laminé, les travées de raccordement, rivets, pièces du plancher, passerelles, échelles de service, etc., sont en fer.

(A suivre.)

SOCIETÉ DE L'INDUSTRIE MINÉRALE

Mai 1899.

Réunions de Saint-Étienne.

Séance du 6 mai 1899.

Communication de M. Murgue sur **un appareil enregistreur du volume d'air débité par les ventilateurs.**

Le règlement des mines à grisou du 1er septembre 1895 oblige à munir les ventilateurs d'un appareil enregistrant la marche de la machine et les dépressions ou surpressions. Mais cette indication, quelque utile qu'elle soit, n'est pas suffisante ; il serait nécessaire de connaître à chaque instant le débit. L'auteur a pensé qu'on pourrait employer à cet effet le tube de Pitot. Si on fixe un tube de Pitot à côté d'un tube droit dans une galerie où règne un courant d'air d'une certaine intensité et si on relie ces deux tubes aux deux branches d'un manomètre différentiel, celui-ci indiquera, pour la veine d'air frappant l'orifice du tube droit, la fonction de la vitesse $\frac{v^2}{2g}$. C'est, du reste, un procédé anémométrique connu depuis longtemps et dont on a fait fréquemment usage. Un flotteur suit les déplacements du liquide dans le tube manométrique et se relie à un enregistreur Richard. Nous n'indiquons ici que le principe de cet ingénieux appareil qui fonctionne depuis deux ans sur les cinq ventilateurs des mines de Montrambert.

Note de M. Machavoine sur **le traitement des minerais argentifères et aurifères** et séparation des métaux précieux par le procédé de cyanuration Max Netto.

Ce procédé a pour base l'action du cyanure de potassium sur les sels d'argent ; on obtient ainsi du cyanure d'argent que l'on précipite au moyen de l'acide chlorhydrique à l'état de chlorure d'argent qui, filtré, pressé et séché, peut être vendu directement au commerce sous forme de tourteaux.

Cette méthode est appliquée avec succès aux mines de plomb argentifère de l'Horcajo.

M. Netto a également apporté un perfectionnement important à l'extraction de l'or en précipitant directement l'or dans la solution aurifère.

Cette note est suivie d'une autre de M. Coignet, laquelle contient sur la première un certain nombre d'observations et de rectifications dont la conclusion est que le procédé Netto ne parait pas devoir remplacer les méthodes de cyanuration actuelles : Siemens et Halske et Mac-Arthur Forest, mais qu'il rendra probablement des services dans le traitement de quelques minerais argentifères.

Note de M. Peronet sur un **procédé économique de chauffage des voitures des chemins de fer secondaires.**

Les Compagnies secondaires ne peuvent employer pour le chauffage de leurs voitures les procédés adoptés par les grandes Compagnies. Elles ne peuvent guère se servir que de bouillottes.

On emploie, sur certaines lignes, le rechauffage des bouillottes par la vapeur de la chaudière de la locomotive. au moyen d'une disposition très simple et peu coûteuse de tuyautage flexible décrit avec figures dans la note.

Note de M. La Chesnais sur **quelques expériences d'écrouissage.**

District du Nord.

Séance du 11 décembre 1898.

Communication de M. Nec, professeur d'électricité à l'Institut de Lille, sur **le progrès de l'industrie électrique.**

Cette communication passe rapidement en revue diverses applications de l'électricité : les téléphones, la construction des dynamos, la traction électrique, l'éclairage, l'appareillage électrique, la fabrication des charbons agglomérés et enfin les accumulateurs. Le conférencier exhibe pour terminer une nouvelle lampe à incandescence à air libre dont le filament est constitué par un fin cylindre de magnésie porté au rouge blanc par le passage du courant ; l'échauffement préalable de ce cylindre, pour lui donner la conductibilité voulue au moment de l'allumage, est obtenu par une spirale de platine. Cette nouvelle lampe consommerait seulement un watt par bougie.

Communication de M. Barillon sur **une méthode employée pour vérifier la verticalité des sondages.**

Cette méthode consiste à suspendre à une assez grande hauteur, exactement à l'aplomb du centre du trou au niveau du sol, un fil à plomb auquel est attaché, au bas, un cylindre lesté ayant sensiblement le diamètre du trou de sonde. En descendant dans le sondage, le cylindre glisse le long de la paroi et suit les mêmes déviations que le trou de coude. La déviation à partir du centre au niveau du sol, la hauteur du point de suspension et la profondeur permettent, par la seule considération de triangles semblables, de trouver l'importance de la déviation avec une approximation suffisante.

Communication de M. Laffitte sur **une lampe Marsaut à benzine et à rallumeur.**

L'emploi de la benzine dans les lampes de mineurs paraît à rechercher au point de vue de l'intensité et surtout de l'égalité de l'éclairage, la facilité du rallumage et la sensibilité au grisou ; cet emploi amène de plus une légère économie qui se peut évaluer à 7 0/0.

Communication de M. Havard-Duclos sur **une nouvelle méthode d'exploitation appliquée aux gîtes minces.**

Communication de M. Guillemin sur **l'appareil d'injection d'eau, système Naissant, pour moteurs à air comprimé.**

Cet appareil consiste en un cylindre muni d'un piston et d'un tiroir. Ce dernier distribue dans le cylindre l'eau arrivant du tuyau de refoulement de la pompe actionnée par le moteur, et cette eau est injectée dans l'air comprimé. La course de ce piston est variable pour permettre de régler la quantité d'eau.

On a pu, avec cet appareil, employer des détentes de 2 sans avoir la moindre congélation. Pour une pompe refoulant à 250 *m*, la quantité d'eau injectée a été de 1,92 0/0 du volume d'eau élevée; elle a été de 1,83 0/0 pour une pompe refoulant à 150 *m* et placée dans d'autres conditions. Si on calcule la quantité d'eau nécessaire théoriquement, on trouve des chiffres très supérieurs, ce qui prouve la grande influence, pour le réchauffement de la pompe, des parois et de l'air ambiant.

SOCIÉTÉ DES INGÉNIEURS ALLEMANDS

N° 26. — *1er juillet 1899.*

La nouvelle distribution d'eau de Dresde, par Vacherot.

Echanges de chaleur entre la vapeur et les parois du cylindre, d'après des expériences récentes, par A. Bantlin.

Déductions élémentaires de la formule d'Euler pour la résistance, par W. Schüle.

Groupe de Berlin. — Moteurs électriques.

Groupe de Poméranie. — Organisation du service de sauvetage à la mer.

N° 27. — *8 juillet 1899.*

Construction des ponts métalliques en Amérique, par C. Bernhard.

Échanges de chaleur entre la vapeur et les parois du cylindre, d'après des expériences récentes, par A. Bantlin.

Détermination géométrique des résultantes des forces agissant extérieurement sur une pièce comprimée, par Mohr.

Groupe de Hambourg. — Efforts et moments dans les machines à vapeur.

Bibliographie. — Programme de la 40me réunion générale de l'Association des Ingénieurs allemands à Nüremberg en 1899. — Manuel d'éclairage électrique, par Herzog et Feldmann.

Correspondance. — Les installations d'électricité de Dresde.

N° 28. — *15 juillet 1899.*

Grue roulante de 35 *t* à commande électrique, par P. Uellner.

Construction des ponts métalliques en Amérique, par C. Bernhard *(fin)*.

Les Écoles techniques supérieures et les recherches scientifiques, par Riedler.

Bibliographie. — Histoire du fer au point de vue technique et à celui de son influence sur la civilisation, par L. Beck.

N° 29. — *22 juillet 1899.*

Recherches sur les différences d'élasticité entre la fonte durcie (fonte trempée) et la fonte de dureté moyenne, par C. Bach.

Échanges de chaleur entre la vapeur et les parois du cylindre, d'après des expériences récentes, par A. Bantlin *(fin)*.

Poutres en treillis avec demi-diagonales, par Häseler.

Groupe d'Alsace-Lorraine. — Règlements du Gouvernement saxon sur la construction des chaudières avec eau dans les tubes.

Statistiques de l'Union des installations électriques pour 1897-1898.

Revue. — Fonctions et traitements des employés techniques supérieurs dans le service des chemins de fer.

INFORMATIONS TECHNIQUES

Ire SECTION

Travaux publics, Chemins de fer, Navigation, etc.

1. — **Le pont sur l'Atbara.** — Ce pont, qui doit faire traverser l'Atbara au chemin de fer du Soudan, aura sept travées de 45 *m* de portée chacune. Il est du système américain avec des poutres à treillis articulés. Ces poutres auront 6,55 *m* de hauteur et seront écartées de 4,85 *m*.

Ce pont a été étudié et exécuté par les Pencoyd Iron Works, à Pencoyd, Pa (États-Unis). La commande de cet ouvrage en Amérique a produit beaucoup d'émotion en Angleterre, et la meilleure explication des raisons qui ont amené cette détermination se trouve dans un article de l'*Engineering*, de Londres, où se trouvent exposés les faits suivants :

Le 7 janvier 1899, les agents du Gouvernement Égyptien, à Londres, télégraphièrent à la Pencoyd Company pour lui demander si elle était disposée à soumissionner la fourniture. Le 24 janvier, ladite Compagnie recevait les plans et le cahier des charges. Le 27 du même mois, elle télégraphiait ses propositions à Londres et leur acceptation était câblée en réponse. Le 7 mars, les pièces pour les sept travées étaient embarquées sur le *Manhattan* et l'*Europe* à destination d'Alexandrie, le poids total était de 800 tonnes. La construction avait été faite en 32 jours et encore faut-il en retrancher 6 jours pendant lesquels le travail a été entièrement interrompu à l'usine, faute de combustible qu'une tempête a empêché d'arriver pendant une semaine.

Aucune pièce entrant dans la construction du pont n'a été faite à l'usine avant l'acceptation du contrat. (*Engineering News*, 18 mai 1899, page 309.)

2. — **Le viaduc de Goktick.** — La fourniture du viaduc de Goktick, en Birmanie, a été donnée à une maison américaine, et le Gouvernement Indien, interpellé à la Chambre des Communes sur les motifs qui l'avaient empêché de confier cette commande à des constructeurs anglais, a répondu que c'était la Compagnie des Chemins de fer Birmans et non pas lui qui avait donné la commande. On avait appelé six maisons anglaises et deux américaines. Quatre des premières ont décliné l'offre de soumissionner ; les conditions les plus favorables demandées par les autres étaient un délai de trois ans pour l'exécution des travaux et un prix de 3 millions de francs. La proposition la plus favorable des Américains était un an et 1560000 *f*.

Lord George Hamilton, en donnant ces explications au nom du Gouvernement Indien, ajouta que les chemins de fer de l'Inde seraient toujours disposés à donner leurs travaux en Angleterre, mais qu'en présence de différences aussi énormes dans les délais et les prix demandés par les constructeurs anglais et américains, le plus simple bon sens avait dicté la résolution à prendre. (*Engineering News*, 18 mai 1899, page 309.)

3. — **Percement du Simplon.** — Voici le bulletin mensuel des travaux du tunnel du Simplon pour le mois de juin 1899 :

Galerie d'avancement.	Côté Nord.	Côté Sud.	Total.
Fin mai 1899	1153 *m*	564 *m*	1717 *m*
Progrès mensuel.	140	131	271
TOTAL FIN JUIN . . .	1293 *m*	695 *m*	1988 *m*

Le nombre moyen des ouvriers employés aux travaux a été de 2714 par jour.

Côté Nord : la galerie a traversé, sur une longueur de 54 *m*, une nouvelle couche de gypse et d'anhydrite riche en mica. Avancement à la main pendant 24 heures à cause du boisage de la galerie. Avancement moyen de la perforation mécanique 4,76 *m* par jour.

Côté Sud : le terrain traversé est le gneiss d'Antigorio, moins dur, mais sec. Avancement au front d'attaque, 4,36 *m* par jour en moyenne. Le 25 juin, vérification de l'axe du tunnel et interruption des travaux pendant quelques heures. (*Journal de Genève*, 8 juillet 1899.)

4. — **L'eau à Bakou.** — D'après un rapport consulaire, une des grandes difficultés pour le développement de Bakou, dont la population compte déjà 150 000 habitants, est l'absence à peu près totale d'eau. On n'a actuellement d'autre alimentation que l'eau de la mer Caspienne distillée dans deux grands appareils que possède la ville et qui fournissent de l'eau douce aux habitants en quantité insuffisante.

Il n'y a aucune végétation dans la ville, on n'y voit ni arbres, ni verdure; aussi l'été y est-il très désagréable, d'autant plus qu'il est très chaud.

La Municipalité s'est préoccupée déjà de cette situation, et on a projeté d'amener de l'eau par des conduites de la rivière Kuna. Ce projet paraissait devoir se réaliser, mais au dernier moment les négociations engagées avec une Compagnie, qui devait exécuter la distribution d'eau moyennant une concession d'un certain nombre d'années, ont échoué et la solution de la question a été remise à une époque indéterminée. (*Engineer*, 9 juin 1899, page 577.)

5. — **Le Pensylvania Railroad.** — Cette grande ligne américaine vient d'accomplir la cinquantième année de son existence. Organisée en 1846, elle acheva en 1852 sa première ligne entre Philadelphie et Pittsburg. Elle a actuellement un réseau d'un développement de 14 500 *km*, et le capital collectif des corporations qui la constituent est de 4 340 000 000 *f*. Dans la première année de son exploitation, elle transporta 70 000 *t* de marchandises; aujourd'hui, elle transporte, par jour, beaucoup plus que ce chiffre. L'année dernière, elle a transporté plus de 75 millions de voyageurs, alors qu'au début ce chiffre ne dépassait pas 900 000 par an. Le nombre des locomotives s'est élevé de 50 à 3500, et celui des wagons de 1 000 à 141 000. (*Engineer*, 9 juin 1899, page 577.)

6. — **Ferry-steamer pour San Francisco.** — La Compagnie du Southern Pacific Railway vient de mettre en service, pour la traversée de la baie de San Francisco, un nouveau ferry-steamer, le *Berkeley*.

La coque est en acier et a sept cloisons étanches montant jusqu'au pont sans ouvertures et deux autres avec de petites ouvertures pour le passage du charbon des soutes aux chaufferies. Le pont principal peut recevoir 580 passagers assis. Le pont sur le salon peut en recevoir 997 assis à l'intérieur et 132 assis au dehors. Total, 1709 passagers.

Il y a deux gouvernails manœuvrés par des moteurs à vapeur; le bateau a deux hélices, une à chaque extrémité, actionnées chacune par une machine pilon à triple expansion.

Dans les conditions ordinaires, la traversée entre San Francisco et Oakland Pier s'effectue en 17 1/2 minutes, la distance est de 4,5 milles.

L'éclairage se fait à l'électricité et la ventilation est assurée par un double système de conduite amenant l'air frais et évacuant l'air vicié.

Voici les dimensions principales du bateau:

Longueur totale	88,15 *m*
Largeur de la coque	12,20
Largeur en dehors des gardes	19,52
Creux	5,18
Tirant d'eau avec charge maxima	2,59
Diamètre des hélices	2,42
Tonnage brut	1915
Tonnage net	1245
Puissance indiquée	1450 *ch*
Pression à la chaudière	11,7 *kg*
Diamètre des cylindres	0,584 - 0,864 - 1.422
Course des pistons	0,915
Nombre de tours par minute	125

L'étude et la construction ont été faites par l'Union Iron and Shipbuilding Works, de San Francisco. (*Railroad Gazette*, 24 février 1899, page 138. Article illustré.)

7. — **Transport de trains sur le détroit de Messine.** — On vient de faire un essai de transbordement de trains sur le détroit de Messine. Le ferry-boat *Carridi* a fait sans difficulté le trajet de Messine à Reggio avec un train composé d'une voiture à voyageurs et de sept wagons à marchandises. Les débarcadères du bateau sont reliés par des voies ferrées avec les deux gares. L'essai ayant été tout à fait satisfaisant, le *Carridi* va commencer son service régulier. (*Oesterreichische Eisenbahn Zeitung*, 1er juillet 1899, page 215.)

8. — **Traversée rapide du continent américain.** — Le Canadian Pacific R. R. vient d'inaugurer un nouveau service rapide journalier entre Montréal et la côte du Pacifique. Un train, appelé l'Impérial Limited, franchit le continent américain en 100 heures, c'est-à-dire avec une réduction d'une journée environ. Londres se trouve

ainsi à dix jours de Vancouver et à trois semaines du Japon. Le transit par le Canada est ainsi plus court d'un quart à une demi-journée qu'avec aucun service américain desservant la côte nord du Pacifique. (*Engineer*. 23 juin 1899, page 621.)

9. — **Le canal de la mer du Nord à la Baltique.** — Les statistiques officielles relatives à la quatrième année d'exploitation du canal de la mer du Nord à la Baltique montrent que le trafic augmente d'une manière continue, ainsi que le produit des droits de passage. Le nombre des navires qui ont employé le canal a été de 25 816 navires jaugeant 3 117 840 *tx* nets contre 23 108 navires et 2 469 795 *tx* l'année précédente. Il y a eu, sur ces nombres, 11 005 vapeurs de 2 467 839 *tx* contre 9 396 vapeurs et 1 927 000 *tx*. Toutefois, tous les navires n'ont pas traversé le canal de bout en bout; le nombre de ceux qui ont franchi les deux écluses de tête a été de 13 758 contre 10 849 pour l'année précédente. (*Engineer*, 23 juin 1899, page 621.)

II^e^ SECTION

Mécanique et ses applications. Locomotives. Machines à vapeur, etc.

10. — **Locomotive compound tandem.** — Une locomotive compound tandem a été construite en 1898 aux ateliers de Topeka du Atchison, Topeka and Santa-Fé, R. R., sur les plans de l'Ingénieur du matériel de cette ligne, M. John Player.

C'est une machine Consolidation ; les cylindres à basse pression sont disposés à leur place ordinaire, c'est-à-dire entre les roues couplées d'avant et l'essieu porteur et les cylindres à haute pression, dans le même axe que les autres, sont placés au-dessus de l'essieu porteur ; ils sont venus de fonte avec une selle qui s'ajuste sous le prolongement de la boîte à fumée. Les deux paires de cylindres ont des tiroirs à piston, placés au-dessus. Ces tiroirs n'ont ni segments, ni garnitures d'aucune sorte. Les tiges sont dans le prolongement l'une de l'autre ; celles des grands cylindres sont creuses et les tiges des petits cylindres passent dedans ; les deux tiges vont s'articuler sur le bras extérieur du *rocker*, celles des petits cylindres pouvant se déplacer par rapport aux autres de manière à permettre d'avoir des introductions différentes aux deux cylindres du même côté. Les tuyaux de communication sont à l'intérieur de la boîte à fumée. Les cylindres de chaque bord sont suffisamment écartés l'un de l'autre pour qu'on puisse sortir les grands pistons par l'avant de la machine.

Les cylindres ont 381 *mm* et 635 *mm* de diamètre ; rapport de volumes, 2,75 et 711 *mm* de course ; les roues ont 1,45 *m* de diamètre. La pression à la chaudière est de 12,75 *kg*.

Le poids total est de 79.000 *kg*, dont 68 600 utilisés pour l'adhérence. Les machines ordinaires, dont la compound ne diffère que par le nombre des cylindres, ont des cylindres de 533 *mm* × 711 *mm* et pèsent 73 200 *kg*, dont 65 500 *kg* sur les roues accouplées. La proportion du poids adhé-

rent est de 87 0/0 pour la compound, à cause de sa plus grande charge en avant, alors qu'elle est de 90 0/0 pour les autres. La différence est peu de chose. La compound a donné sur les autres une économie de 13,4 0/0 d'eau et 18 0/0 de combustible. *(Railroad Gazette*, 16 juin 1899, page 422. Article illustré).

11. — **Hauteur de la chaudière des locomotives.** — Dans un discours d'installation prononcé devant l'Engineering Association des Nouvelles-Galles du Sud, le président, M. H. B. Howe, a donné d'intéressants détails sur le développement des chemins de fer dans cette colonie.

Le type le plus récent de locomotives qui y est employé pèse, avec le tender, 109 000 *kg*, dont 60 000 *kg* servant à l'adhérence. Ces machines, dont 20 sont en service et 25 autres en construction en Angleterre, peuvent remorquer 700 *t* sur rampe de 14 0/00. On peut dire qu'elles trainent 3 fois 1/4 la charge des machines employées primitivement; la consommation est d'environ 25 *kg* par kilomètre de machine.

Ce qui a surtout contribué à permettre la construction de machines de grande puissance est l'élévation du centre de la chaudière; autrefois on s'attachait à le maintenir le plus bas possible, pour augmenter, soi-disant, la stabilité. Cette règle a été longtemps un obstacle à l'accroissement de la puissance, en limitant le diamètre de la chaudière maintenue entre les roues.

Les Ingénieurs du continent ont été les premiers à s'affranchir de cette règle et les Américains et les Anglais les ont rapidement suivis. Dans les anciens types de locomotives, cette hauteur était en moyenne de 1,60 *m*, mais, depuis une douzaine d'années, en Angleterre, on était arrivé, pour les machines express, à 2,20 *m* et 2,27 *m* et, aux États-Unis, à 2,70 *m*.

Dans les machines construites par les ateliers de Pittsburg, la hauteur de l'axe du corps cylindrique atteint 2,82 *m*. Non seulement cette élévation n'a aucun inconvénient, mais elle présente encore des avantages en dehors de l'accroissement des dimensions de la chaudière; elle réduit les efforts sur les essieux, manivelles, etc., et diminue les dépenses d'entretien des machines et de la voie, le roulement est plus doux, parce que les ressorts agissent plus efficacement sous l'action des mouvements latéraux. Il faut se garder de confondre l'axe du corps cylindrique avec le centre de gravité de la machine; le poids de la chaudière ne représente, en effet, guère que le quart du poids total et l'élévation de la chaudière ne représente que l'élévation de cette proportion. *(Engineer*, 7 juillet 1899, page 22.)

12. — **Les flammèches de locomotives.** — On a fait, dans le laboratoire de mécanique de l'Université de Purdue, aux Etats-Unis, laboratoire qui possède, comme on sait, deux locomotives installées pour pouvoir être soumises à toutes sortes d'essais, des expériences sur l'importance des flammèches émises par les cheminées des locomotives. Cette importance est extrêmement variable, suivant les conditions de marche. Ainsi, avec une locomotive fonctionnant avec une faible charge

et un vide de 76 *mm* d'eau dans la boîte à fumée, les flammèches entraînées n'ont représenté que 7 0/0 de la valeur, comme combustible, du charbon introduit dans le foyer; avec un vide de 179 *mm*, la perte s'est élevée à près de 25 0/0.

Mais les recherches ont porté sur un autre point encore plus intéressant peut-être, c'est le danger causé par les flammèches pour le voisinage des chemins de fer. A cet effet, on a placé des bacs carrés à des distances de 4,50 *m*, 7,50 *m*, 15 *m*, 22,50 *m*, 37,50 *m*, 52 *m*, 80 *m* et 110 *m* de l'axe de la voie du chemin de fer. Dans chacun de ces bacs était un châssis de bois tendu d'une étoffe de coton, ceci pour donner des indications sur la température des flammèches.

La plus grande quantité de parcelles de charbon a été trouvée dans les bacs placés à 15 *m* et 22,50 *m*; les plus grosses parcelles ne dépassaient pas les dimensions d'un haricot blanc commun. Dans aucun cas l'étoffe ne fut roussie, ce qui indique bien que si les particules de charbon sont incandescentes à la sortie de la cheminée, elles s'éteignent avant d'avoir touché le sol. On a retrouvé des parcelles presque aussi fines que de la poussière à 110 *m*, mais il faut dire qu'un très fort vent soufflait en travers et dans ce sens.

Il semble donc que, sauf dans des conditions atmosphériques particulières, il y a très peu de probabilité que des flammèches sorties de la cheminée des locomotives puissent déterminer des incendies à des distances un peu importantes des voies de chemins de fer. (*Railroad Gazette*, 16 juin 1899, page 433.)

13. — **Essais de chaudières.** — La commission instituée par l'*American Society of Mechanical Engineers* pour reviser les règles relatives aux essais de chaudières, a décidé de compter pour surface de chauffe la surface en contact avec les gaz de la combustion, c'est-à-dire que, dans les chaudières tubulaires ordinaires, on prendra la surface intérieure et, dans les chaudières avec l'eau dans les tubes, la surface extérieure. Il en résulte, pour ces dernières, un avantage de 7 à 8 0/0, par rapport aux chaudières tubulaires ordinaires.

On prendra pour mesure du cheval-vapeur un poids de 34,5 livres, soit 15,6 *kg*, vaporisés à 100° avec de l'eau à 100°, ce qui correspond à 8362 calories. L'ancienne unité, 30 livres ou 13,6 *kg* transformés en vapeur à 70 livres, 4,93 *kg*, de pression avec de l'eau à 100° F ou 37,7° C correspondait à 8358 calories, chiffre presque identique au précédent. (*Engineer*, 7 juillet 1899, page 11, d'après le journal *Power*.)

14. — **Chauffage sans fumée des chaudières.** — L'emploi des foyers soufflés pour le chauffage des chaudières à vapeur résout naturellement la question de la fumivorité puisqu'il permet la consommation de combustibles maigres anthraciteux. De plus, il présente de réels avantages au point de vue de la conservation des générateurs, en prévenant les rentrées d'air froid dans le foyer lors de l'ouverture de la porte de chargement, mais on reproche aux foyers soufflés de risquer de produire des coups de feu aux tôles du voisinage du foyer.

Notre collègue, M. Ed. Poillon emploie une grille à barreaux ou à plaques disposée avec des lames de persiennes transversales à la longueur

de la grille. Les lumières formant les ouvertures sont aussi étroites que possible au plan supérieur qui reçoit le combustible et beaucoup plus larges dans le bas de manière à forcer l'air à s'épanouir en éventail; et, de plus, elles sont inclinées pour que la flamme s'incline vers l'autel et n'atteigne les bouilleurs que sous un angle considérable et non pas verticalement comme d'habitude. On peut également alterner les inclinaisons des lames de persiennes de manière à faire subir aux gaz un brassage forcé avant leur départ du foyer.

Ces dispositions ont donné les meilleurs résultats. Des chiffres comparatifs entre une grille ordinaire et une grille Poillon appliquées sur une chaudière de 66 m^2 de surface de chauffe de l'usine de MM. Audresset et fils, manufacturiers à Louviers, ont donné une économie de 22 0/0 en poids sur le combustible et permis en outre d'employer un charbon coûtant 2 à 3 francs de moins par tonne.

Ces grilles sont aujourd'hui employées dans un certain nombre d'établissements industriels parmi lesquels nous ne citerons que les Ateliers du chemin de fer du Midi, à Bordeaux, qui les ont installées sur 10 chaudières.

15. — **Une horloge singulière.** — Un habitant d'Indianopolis, du nom de Burton, a chez lui une horloge qui n'a pas besoin d'être remontée ou du moins dont le remontage est confié à un agent qui n'est autre que le soleil. Cet ingénieux américain a profité pour remonter son horloge, qui est à poids, de la différence de température entre le jour et la nuit qui est en moyenne dans le pays qu'il habite de 10° C.

Il a disposé hors de sa maison un réservoir étanche en étain de 9 pouces (0,23 *m*) de diamètre et 10 pieds (3,05 *m*) de hauteur communiquant par un tube avec un autre réservoir placé dans la cave de la maison, lequel réservoir contient un piston dont la tige actionne par un dispositif convenable la chaine du poids de l'horloge. On conçoit que la dilatation dans le jour et la contraction pendant la nuit de l'air dans le réservoir intérieur déterminent des déplacements du piston lesquels sont utilisés pour le remontage du poids de l'horloge. (*Scientific American Supplement*, 25 mars 1899, page 19433).

16. — **Drague pour le Canal de Suez.** — La Compagnie du Canal de Suez vient de commander à MM. W. Simons et C^ie^, constructeurs, à Renfrew, une drague porteuse pour l'amélioration de l'entrée du canal à Port-Saïd. Cette drague sera la plus puissante qui ait encore été faite. La coque doit avoir 82,35 *m* de longueur, 14,60 *m* de largeur et 5,80 *m* de creux. Elle pourra recevoir 2 200 tonnes de déblais et l'élinde pourra travailler à une profondeur de 12 *m* sous l'eau. Chaque godet contiendra 2 tonnes de matières et l'appareil doit pouvoir extraire environ 1 500 tonnes à l'heure. Par suite des grandes dimensions de la coque et du manque de ressources, à Renfrew, la drague, après sa mise à l'eau, sera conduite à Greenock ou à Glasgow pour le montage des appareils mécaniques. (*Engineering*, 30 juin 1899, page 848).

17. — **Accident d'ascenseur.** — Le 17 avril dernier, un des ascenseurs du Great Northern Hotel, à Chicago, éprouva un grave

accident; la cabine descendit rapidement au bas de la cage et les câbles furent décrochés et en tombant broyèrent la cabine; le gamin, préposé à la manœuvre et qui était le seul occupant, eut heureusement le temps de sortir avant la chute des câbles. Voici le rapport des inspecteurs du Building Department de Chicago.

L'ascenseur à voyageurs n° 1 du côté de Quincy Street du Great Northern Hotel est un appareil hydraulique vertical à haute pression. Le cylindre a 0,254 *m* de diamètre et environ 35 *m* de longueur, il a un multiplicateur dans le rapport de 2 à 1, ce qui laisserait 17,50 *m* de la longueur du plongeur dans le cylindre. La pression est de 14,2 *kg* par centimètre carré et la vitesse de 500 pieds par minute (2,54 *m* par seconde). Il y a 6 câbles de 12,7 *mm* de diamètre. Les arrêts automatiques sont disposés de manière que, lorsque la cabine arrive, dans les deux sens, à 3,80 *m* de la fin de sa course, la pression sur le piston se trouve réduite de plus en plus jusqu'à l'extrémité.

Le régulateur de sûreté est réglé pour laisser engager les freins dans les rainures des guides dès que la vitesse dépasse le taux de 2,54 *m* par seconde. Il a été constaté que la cabine opérant sa descente et le plongeur montant, une des tiges de 15 *mm* de diamètre de l'appareil automatique de ralentissement se brisa, ce qui déplaça le butoir de sorte que la réduction de la pression dans le cylindre ne s'opéra plus; la cage vint frapper le fond avec force et le piston, continuant à monter avec toute sa vitesse normale, les câbles dépassèrent les arrêts et tombèrent en bas.

On ne peut que recommander, pour ce type d'ascenseurs, qui diffère notablement des types généralement en usage, de renforcer les pièces des arrêts et de prendre des précautions pour empêcher le renouvellement d'accidents de ce genre. Ces recommandations s'appliquent à tous les ascenseurs du Great Northern Hotel. Il a d'ailleurs été reconnu que rien ne pouvait faire prévoir la rupture de la tige dont la cassure a provoqué l'accident.

On ajoute, qu'à Chicago, d'après une publication du Building Department, tous les ascenseurs des hôtels et des maisons manquent de sécurité. Les dispositifs de sûreté ne sont pas maintenus en bon état et l'inspection semestrielle par les inspecteurs de la ville ne suffit pas pour prévenir cet état de choses. En février 1897, les appareils de sûreté des ascenseurs du Leland Hotel ont été reconnus fautifs et on a dû ordonner leur mise en état; tandis que le Gault Hotel a reçu défense de se servir de ses ascenseurs jusqu'à ce que les modifications nécessaires eussent été faites et les appareils approuvés par la ville (*Engineering News*, 27 avril 1899, page 261.)

18. — **Repêchage d'un train tombé dans une rivière.** — Le 24 février dernier, sur le Philadelphia, Wilmington and Baltimore R. R. une locomotive de 56 tonnes, son tender et deux wagons de marchandises, tombèrent dans la rivière Brandywine par l'ouverture laissée libre par un pont tournant mal placé. Il fallut deux jours pour retirer le tender et les deux wagons. Voici comment on procéda. L'eau dans la Brandywine est peu profonde et on eut beaucoup de peine à amener un remorqueur avec des barques et une drague sur le lieu de l'accident.

Un fort ponton fut placé bord à bord de la drague dont on avait préalablement enlevé la cuiller, et muni la grue de palans puissants. Des plongeurs passèrent les chaines sous les wagons et en mettant le moteur de la drague en route, on enleva les wagons et on put les déposer dans les barques. On eut beaucoup de difficultés avec un de ces wagons qui était resté accroché à la culée du pont; il fallut d'abord le faire tomber dans l'eau pour le relever ensuite avec la grue. Il fallut une journée pour les deux wagons et une autre pour relever le tender et les trucks des deux wagons. On dut alors suspendre le travail pour attend re une marée suffisante pour permettre aux barques chargées de remonter la rivière Christiana jusqu'aux ateliers de la Compagnie. On pensait pouvoir, dès la reprise du travail, relever la locomotive en une journée. Les opérations de sauvetage ont été faites par la Delaware Construction Company. (*Railroad Gazette*, 3 mars 1899, page 158.)

III[e] SECTION

Travaux géologiques. — Mines et Métallurgie. Sondages, etc.

19. — **Une mine monstre.** — Le 7 décembre dernier, on a fait sauter une très forte mine aux carrières de granit de Trevor, dans le Pays de Galles. Cette carrière est située à 540 *m* au-dessus du niveau de la mer et le front de carrière, sur lequel on opérait, à 30 *m* environ de hauteur. On a percé trois galeries, la première de 16 *m* de longueur, au centre, une autre de 7 *m* de longueur, à gauche de la première, avec une chambre à l'extrémité, et une troisième, à droite, de 10 *m*, également terminée par une chambre. Les chambres ont reçu une charge de 6 1/4 *t* de poudre et on a placé, dans chacune, deux fusées à haute tension avec deux autres de rechange en cas de raté; ces pièces étaient reliées avec un câble aboutissant à une petite dynamo de Siemens, donnant une tension de 400 volts. L'explosion a déplacé 80 000 *t* de roche et a ébranlé 20000 autres.

On doit faire sauter, cet été, aux mêmes carrières, une mine encore plus considérable. (*Electrical Engineer*, 30 juin 1899, page 810.)

20. — **La houille dans l'île de Vancouver.** — Les dépôts de houille de l'île de Vancouver constituent des bandes étroites qui s'étendent le long de la mer. Il y a deux couches exploitables : l'une de 0,90 *m* d'épaisseur, l'autre de 0,60 *m* à 3,50 *m*, mais ces couches sont mêlées de lits minces de calcaire, les failles sont nombreuses. L'étendue est de 800 *km*[2] près de Monnimo et 2 800 près de Comox.

Trois Compagnies exploitent ces gisements, toutes les trois autour de Monnimo. La production de 1898, la plus forte encore réalisée a été de :

	Production.	Exportation.
New Vancouver Company	520 222 *t*	403 535 *t*
Dunsmair et fils.	315 738	232 642
Union Colliery Company.	281 955	129 684
Total. . . .	1 117 915 *t*	765 861 *t*

Une partie du charbon qui est extrait est employée à la fabrication du coke qu'emploie la métallurgie locale, ou consommée à l'état cru dans le même but.

Le marché principal est San Francisco.

L'année dernière, la Californie a importé 1 802 373 *t* de houille dont 631 208 venant de Vancouver, 201 931 *t* venant d'Australie, 80 171 *t* d'Angleterre, 842 603 des États-Unis et une petite quantité du Japon.

Les installations minières de l'île de Vancouver sont très complètes, il y a notamment à la houillère de Monnimo un traînage souterrain par locomotives électriques qui fonctionne depuis trois ans.

L'exploitation de la houille remonte à 1852, époque à laquelle elle a été commencée à Monnimo par la Compagnie de la baie d'Hudson.

Les îles de la Reine Charlotte, situées au nord de l'île de Vancouver, possèdent d'importants gisements de houille, où on trouve des couches de 4,50 *m* et plus, mais ils n'ont pas encore été mis en exploitation ; on y trouve de l'anthracite et du charbon bitumineux. (*Colliery Guardian*, 30 juin 1899, page 1188.)

21. — **Production de la houille au Transvaal.** — Le nombre de personnes employées, aux mines de houille du Transvaal, était, à la fin de l'année dernière, de :

	Blancs.	Noirs.	Total.
Au fond	109	4 326	4 435
A la surface	258	2 660	2 918
TOTAL	367	6 998	7 353

Pendant l'année 1898, il a été extrait, en tout, 1 907 808 *t* anglaises, contre 1 600 212 en 1897 ; c'est une augmentation de 307 596 *t* ou 19,2 0/0. Le prix moyen sur le carreau de la mine a été, en 1898, de 8,75 *f* contre 9,55 *f* en 1897. (*Engineering and Mining Journal*, 22 avril 1899, page 472.)

22. — **L'industrie minérale dans la Haute-Silésie.** — Il y a, dans la Haute-Silésie, 55 houillères en activité, lesquelles ont produit l'année dernière, 20 millions de tonnes de charbon ; ces houillères possèdent 1 002 machines à vapeur. Il y a 44 mines de fer dont la production collective a été de 415 000 *t* de minerai.

Les usines sidérurgiques possédaient 38 hauts fourneaux dont 30 en activité ; elles ont employé 4 081 personnes, consommé 1 million de tonnes de minerai, 9 000 *t* de riblons, 410 000 de calcaire et dolomite, et 908 000 *t* de coke et de houille, plus 500 000 *t* de houille pour usages indirects.

Les produits ont été de 669 000 *t* de fonte brute. On a consommé 1,36 *t* de combustible par tonne de fonte et 0,613 *t* de castine.

Sur la quantité totale de fonte, il y a 383 000 *t* de fonte de puddlage, 190 000 de fonte basique, 46 600 *t* de fonte Bessemer et 50 000 *t* de fonte de moulage.

On trouve 26 fonderies de fer avec 2 fours à creusets, 13 fours à

réverbère, 55 cubilots et 19 autres fours. Ces établissements emploient 2 514 ouvriers, consomment 68 000 *t* de fer et 11 000 de coke, plus 25 000 *t* de houille et 350 *t* de charbon de bois.

Quatorze usines ont fait du fer et six de l'acier. Les premières ont 276 fours à puddler et 196 autres fours avec 59 marteaux-pilons et 8 presses. Les aciéries ont 19 fours basiques, 1 acide, 3 convertisseurs acides et 3 basiques, 89 autres fours, 16 marteaux pilons, 3 presses, 84 laminoirs divers. Ces établissements occupent ensemble 17 300 ouvriers et consomment 608 000 *t* de fonte, 351 000 de riblons et 4 600 de minerai.

Les fours à puddler emploient 329 000 *t* de houille et les aciéries 151 000, plus 18 000 *t* de coke. Les laminoirs consomment 615 000 *t* de houille et 3 370 de coke.

La production d'acier a été de 33 000 *t* de Bessemer acide, 150 500 *t* de Bessemer basique, 222 000 d'acier sur sole basique et 2 000 seulement d'acier sur sole acide. (*Stahl und Eisen*, vol. XVIII, page 673.)

23. — **Emploi de l'air liquide comme explosif.** — Dans une conférence faite récemment à New-York, M. Tripler, qui a réussi à préparer de l'air liquide sur une grande échelle, a exhibé des fragments de tubes montrant à un degré frappant les puissantes propriétés explosives du coton imbibé d'air liquide. L'aide du conférencier a placé un fragment de ce coton dans un bout de tuyau à gaz de 50 *mm* de diamètre et, pour prévenir le danger des projections, a introduit ce tube dans un autre de 0,150 *m* de diamètre. L'explosion a réduit le tube intérieur, qui n'était pas fermé aux extrémités, en fragments qui ont traversé le tube extérieur en lui donnant l'apparence d'un crible.

Cette puissance d'explosion a été montrée par des essais faits en Europe, dans une houillère et comparable à celle de la dynamite; mais, dit le *Scientific American*, il ne semble pas que cette nouvelle substance explosive ait une grande valeur commerciale, à cause de son extrême volatilité qui exige impérieusement qu'on l'emploie dès qu'elle est préparée.

On ne peut, comme on le fait avec les explosifs solides, le conserver pour s'en servir à loisir. Même contenu dans des bidons recouverts de feutre, l'air liquide dans un récipient d'une dizaine de litres, serait complètement évaporé en moins de dix heures. Avec une protection plus complète telle que des récipients à double paroi, avec le vide entre elles, comme dans les appareils du professeur Dewar, l'évaporation complète ne serait qu'une affaire de temps, deux ou trois jours peut-être. Il y a là, quant à présent, une objection des plus sérieuses à l'emploi de l'air liquide comme explosif dans les travaux publics et les mines. (*Engineer*, 30 juin 1899, page 655.)

24. — **L'Oxyliquit.** — On emploie en Allemagne, sous le nom d'Oxyliquit, un nouvel explosif qui est doué d'une grande puissance et qui n'est autre chose qu'un mélange de charbon de bois. d'air liquide et de coton. La cartouche est remplie d'ouate imprégnée de poussier de charbon de bois et, au moment de s'en servir, on y verse de l'air liqué

fié. Cette cartouche ne peut se conserver que très peu de temps, de 5 à 15 minutes, avant son emploi, autrement l'air liquide s'évapore et l'explosif perd toute sa puissance.

Cette propriété indique les conditions de l'usage de cette substance, et en limite singulièrement les applications; par contre, si une cartouche a raté, on peut, après un intervalle de temps variant de 15 à 30 minutes, s'approcher sans aucun danger et remplacer la cartouche devenue sans valeur par une autre. (*Oesterreichische Eisenbahn Zeitung*, 1er juillet 1899, page 214.)

25. — **Sur les aciers à aimants.** — M. F. Osmond indique que la condition suffisante et nécessaire pour qu'un acier fondu puisse fournir un aimant permanent utilisable est que les points de transformation en soient amenés ou placés au-dessous de 350° environ et au-dessus de la température la plus basse à laquelle le métal sera soumis.

Cette condition peut-être réalisée de deux manières : 1° par la trempe pour les aciers à base de carbone; 2° par l'addition, en proportions convenables, de certains corps étrangers (manganèse, nickel, chrome, tungstène) qui, par eux-mêmes ou par leur action sur le carbone, abaissent suffisamment, pendant le refroidissement lent à partir d'une température suffisante, les points de transformation du fer.

Les aciers à aimants qui doivent leurs propriétés à la trempe ont fait le sujet d'un travail étendu et très bien conduit de Mme Curie.

Les aciers du second groupe ont été moins étudiés. Ils sont représentés dans le mémoire de Mme Curie par un type à 7,70 de tungstène, mais ce groupe comprend aussi les aciers de 10 à 25 environ de nickel, de 3,5 à 7,5 environ de manganèse, de 5 à 15 environ de chrome, en un mot tous les aciers qui prennent spontanément des propriétés analogues à celles des aciers trempés et qu'on pourrait appeler en français *quasi-trempés*. Comme les aciers trempés, les aciers quasi-trempés possèdent, en général, un état dur et un état doux; ils prennent leur état dur quand on les laisse refroidir à partir d'une température supérieure à leurs points de transformation pendant le chauffage et on les adoucit en les faisant *revenir* au-dessous de ces points de transformation.

L'étude d'un tel métal comporterait donc la double recherche du traitement qui donne les meilleures qualités magnétiques et de celui qui permet le travail d'ajustage. Mais les procédés d'adoucissement sont déjà connus et c'est surtout le traitement pour aimants qui reste à déterminer.

M. Osmond indique les résultats des essais magnétiques d'un certain nombre d'échantillons d'acier de compositions déterminées.

L'intérêt de ces aciers quasi-trempés pour la fabrication des aimants tient à cette double circonstance que la trempe est évitée et que les propriétés magnétiques sont constantes dans toute la masse. Ces propriétés mériteraient l'attention des physiciens. (*Comptes rendus de l'Académie des Sciences*, 19 juin 1899, page 1514).

26. — **Empoisonnement par les cyanures.** — A la suite d'un accident survenu à la New Comet Gold Mining Company, le doc-

teur J. Loevy appelle l'attention sur la gravité des empoisonnements par les cyanures. Le seul contre-poison efficace paraît être le peroxyde d'hydrogène ou eau oxygénée et encore, à la condition qu'il soit administré immédiatement. Kobert a été le premier à attirer l'attention sur ce fait et, à la suite de nombreuses expériences, il préconise l'emploi d'une injection sous-cutanée d'une solution de peroxyde d'hydrogène à 2 0/0.

Récemment on a constaté en Allemagne plusieurs cas où des personnes ont été sauvées par ce traitement.

Il est fort heureux et même un peu surprenant que, en présence de l'emploi sur une très grande échelle de la cyanuration dans les mines du Witwatersrand, on constate si peu de cas d'empoisonnement ; néanmoins le danger existe à l'état latent et il serait prudent de prendre quelques précautions pour le prévenir, d'autant plus qu'il est nécessaire d'agir sans perdre un instant en cas d'accident.

Le docteur Lœvy propose d'avoir toujours, dans le voisinage immédiat des ateliers de cyanuration, une certaine quantité d'eau oxygénée, de l'eau distillée et une seringue de Pravaz.

De plus, tous les ouvriers devraient être dressés à préparer la solution à la proportion voulue et à faire une injection sous-cutanée, choses qu'un homme d'une intelligence moyenne peut arriver facilement à apprendre. Le peroxyde d'hydrogène doit être conservé dans des flacons de 15 *g* environ, bouchés à l'émeri et conservés à l'abri de la lumière. Ces précautions devraient être rigoureusement obligatoires, au même titre, sinon plus, que toutes les dispositions de prévention contre les accidents. (*Engineering and Mining Journal*, 27 mai 1899, page 618.)

27. — **John Gjers.** — Ce métallurgiste distingué, qui s'est acquis une notoriété universelle par l'invention des fosses de réchauffage des lingots qui portent son nom, est mort en octobre 1898, à Bournemouth, à l'âge de 68 ans,

Né à Gothenbourg, en Suède, il fit ses études d'ingénieur dans son pays natal ; il vint en Angleterre à l'occasion de l'Exposition Universelle de 1851 et s'y fixa. Il passa d'abord en qualité de dessinateur dans divers établissements métallurgiques et entra, en 1854, au service de MM. Cochrane et C^ie^, à Ormesby ; il construisit les hauts fourneaux et installa une fonderie de tuyaux qui était la plus importante de la Grande-Bretagne, pouvant livrer 600 *t* de produits par semaine. Il devint directeur de l'usine après la retraite de M. E. F. Jones et introduisit de grands perfectionnements, notamment pour le chauffage du vent, pour la granulation des laitiers de hauts fourneaux, les fours de grillage, etc.

En 1862, Gjers devint directeur des hauts fourneaux de Tees-side, à Middlesbrough, et construisit une nouvelle usine avec des améliorations importantes. Enfin, en 1870, il fonda la Société Gjers, Mills and C^o^, à Ayresome, dont il resta directeur jusqu'à la fin de sa vie.

Son invention la plus importante est celle des *soaking pits*, puits ou fosses dans lesquelles les lingots sont placés à la sortie des moules en attendant le laminage.

M. Gjers avait reçu, en 1894, la médaille Bessemer de l'Iron and Steel Institute dont il était d'ailleurs un des fondateurs.

IV^e^ SECTION

Physique, Chimie industrielle, Divers, etc.

28. — **Alcool solidifié.** — On vend, paraît-il, actuellement, en Allemagne et aux États-Unis, de l'alcool solidifié sous forme de briquettes.

Le produit allemand donne à l'analyse 62,5 d'alcool, 20 de résidu solide formé de graisse animale ou de savon et 18 0/0 d'eau.

Une briquette du poids de 50 *g* amène 1 *l* d'eau à l'ébullition en 10 minutes. On donne à ce produit le nom de « Fester Spiritus ». Aux États-Unis on l'appelle « Alcolia ». On dit qu'on le prépare en faisant dissoudre un certain savon dit « savon amygdalia » dans de l'alcool à chaud et en laissant la masse se solidifier. (*Engineering News*, 27 avril 1899, page 276).

29. — **Transmission à travers le sol des trépidations produites à la surface.** — M. Bigourdan, en observant les images réfléchies par un bain de mercure à couche épaisse, a constaté l'existence de vibrations et d'oscillations provenant du sol et variant avec la profondeur et aussi avec l'heure de l'observation, c'est-à-dire avec l'activité de la circulation autour de l'Observatoire de Paris où se faisaient les observations.

Pendant le jour, dans les Catacombes, 28 *m* au-dessous de la surface, les ondulations sont à peu près continuelles; au contraire, les vibrations n'apparaissent guère qu'aux instants où les trains des lignes de Sceaux-Limours ou de Paris-Arpajon passent à la plus courte distance, 100 *m* environ, du point d'observation, mais alors, et pendant 15 à 30 secondes, les images réfléchies disparaissent totalement ou à peu près.

Si, partant de cette profondeur de 28 *m*, on s'élève graduellement, les ondulations conservent à peu près la même allure, mais les vibrations deviennent plus fréquentes et plus prononcées. Cependant, à 17 *m* de profondeur, elles sont encore assez rares, peu gênantes en dehors des heures de passage des trains ; et, pour la visibilité des détails, les 11 *m* dont on a monté ne font perdre que bien peu. Mais, si l'on monte encore, les vibrations augmentent très rapidement, masquant bientôt les ondulations.

Sur le soir, à mesure que la circulation diminue d'activité, l'amplitude moyenne des ondulations ne diminue que légèrement ; au contraire, les vibrations sont bien moins prononcées, de sorte qu'à 7 ou 8 *m* de profondeur, on pourrait pointer le nadir à partir de la fin de la journée; l'amélioration est ensuite graduelle à mesure qu'on avance dans la nuit.

Dans les catacombes, les ondulations ne disparaissent à peu près complètement qu'après 1 h. 30 m. ou 2 heures du matin ; le départ des derniers trains a coïncidé avec une période d'agitation qu'il a paru impossible d'attribuer uniquement à ceux de ces trains qui passent au voisinage immédiat de l'Observatoire.

M. Bigourdan a fait également des observations à Wissous, à 10 *km* des fortifications. Quelques remarques faites en ce point, à 150 *m* des dernières maisons du village de Wissous, mettent bien en évidence l'extrême sensibilité du bain de mercure ; ainsi le choc produit en fermant sans effort une porte assez légère distante de 52 *m*, fait disparaître complètement les fils réfléchis ; une voiture parcourant, à 350 *m* de distance, une route pavée, trouble énormément les images de ces fils ; dans la nuit, une voiture, entendue à 1 000 *m* au moins, a produit des ondulations assez fortes.

On croit pouvoir attribuer les ondulations à des déplacements de poids assez considérables tels que ceux de trains en marche qui agiraient même à 1 ou 2 *km* de distance et ces ondulations pénétreraient profondément dans le sol, puisqu'elles ont à peu près même amplitude, même allure à 17 *m* et même 12 *m* qu'à 28 *m* de profondeur.

Les vibrations, qui troublent tant les images réfléchies, n'atteignent pas de grandes profondeurs ; on peut les attribuer à Paris à la multitude des véhicules qui circulent autour de l'Observatoire, camions, omnibus, etc., mais elles ne doivent pas dépasser les couches superficielles et on pourrait les atténuer beaucoup par des fossés d'isolement médiocrement profonds. (*Comptes rendus de l'Académie des Sciences*, 8 mai 1899, page 1148.)

30. — **Abatage du bois pendant la décroissance de la lune.** — La qualité du bois abattu pendant la décroissance de la lune paraît une vieille croyance superstitieuse et sans aucun fondement. Dans un mémoire lu récemment devant l'American Institute of Mining Engineers, M. E. R. Woakes, de Panama, a donné les résultats de quelques observations faites à ce sujet. Il expose que le pays est complètement couvert de forêts, mais que la moitié à peine des arbres sont propres à faire du bois de construction et qu'un quart n'est pas même bon à brûler. A moins, dit-il, qu'on n'abatte les arbres pendant la période de décroissance de la lune, le bois commence à pourrir dès qu'il est coupé, ce qui tient probablement à la rapide fermentation et décomposition de la sève qui est supposée circuler en plus grande quantité pendant la période de croissance. M. Woakes s'attend à ce que cette assertion fera rire ses confrères, mais il les renverra à l'expérience qui est absolument positive à cet égard. Les bûcherons américains qui sont venus en Colombie et n'ont pas voulu écouter l'avis des gens du pays ont dû reconnaître que presque tous les bois qu'ils avaient débités pour installer des appareils de broyage de minerais étaient pourris avant qu'on ait pu s'en servir. (*Engineering News*, 11 mai 1899, page 308).

31. — **Pavage en liège.** — Le pavage en liège employé dans certaines rues de Londres se comporte d'une façon très satisfaisante. Les pavés sont composés de liège réduit en petits morceaux, mélangé à du bitume et de la fibrine et comprimé en blocs massifs sous une pression de 42 *kg* par mètre carré (?) Ces blocs sont très élastiques, n'absorbent pas l'eau et forment un pavage sonore plus durable, paraît-il, qu'aucun autre ; de plus, leur surface est sûre au pied des chevaux.

La voie carrossable qui conduit de la gare de Liverpool Street sous l'hôtel de la Compagnie du Great Eastern Ry a été pavée, il y a six ans environ, avec des pavés de l'espèce et n'a pas exigé de réparations depuis lors. Le 4 juillet 1898, une partie de ce pavage a dû être démontée pour le creusement d'une tranchée et on a pu constater, à cette occasion, qu'eu égard au trafic exceptionnellement intense qui s'exerce sans discontinuité sur cette voie, l'usure du pavage était insignifiante et que celui-ci répond entièrement aux espérances qui s'attachaient à son emploi. Les frais d'établissement du pavage en liège ne sont pas plus élevés que ceux des meilleurs pavages en bois dur. En raison des avantages qu'il présente comparativement à ces derniers, il faut donc s'attendre à voir le pavage en liège s'implanter rapidement dans les grandes villes (*Annales des Travaux publics de Belgique*, avril 1899, page 346, d'après le *Zeitschrift fur Tr. und Strassenbau.*)

32. — **Pressage de la paille.** — Le consul des États-Unis à Nicolaieff appelle l'attention sur l'intérêt que présenterait pour cette région un modèle économique de presse pour la paille. Il y a, dit-il, des milliers de tonnes de paille dont on ne fait rien. Il faudrait un appareil qu'on pourrait amener à côté de la machine à battre et qui serait mu par des chevaux, par la vapeur ou par un moteur hydraulique, comme la batteuse. Cet appareil devrait pouvoir presser la paille pendant qu'elle est encore humide et un peu visqueuse en balles d'une consistance à déterminer par l'expérience pour laisser à la paille sa combustibilité et de dimensions convenables pour l'emploi dans les poêles et appareils de chauffage domestique. Si la presse ne coûtait pas cher, la dépense de manutention serait presque nulle et on créerait une nouvelle industrie probablement lucrative dans des districts où le bois est rare et où la houille coûte très cher. (*Engineer*, 23 juin 1899, page 611.)

33. — **Production du coton en Sibérie.** — On ignore généralement que la Russie produit du coton. Sur le chemin de fer Transcaspien, assez loin de la mer Caspienne, est une contrée fertile où l'année dernière environ 200 000 hectares ont été plantés en cotonniers et ont donné 50 millions de kilogrammes de coton (soit 210 000 balles), ce qui représente 250 *kg* par hectare, chiffre supérieur au rendement moyen aux États-Unis. La quantité totale est d'ailleurs insignifiante, mais la culture ne fait que commencer et il se peut qu'il y ait plus tard lieu de tenir compte de cette nouvelle concurrence au coton d'Amérique. (*Railroad Gazette*, 17 mars 1899, page 193.)

34. — **Meunerie. Boulangerie, système Schweitzer.** — On vient, ces jours-ci, d'inaugurer l'usine construite rue d'Allemagne pour l'exploitation sur une grande échelle des procédés de meunerie et boulangerie, système Schweitzer. Cette usine occupe un rectangle allongé dont les petits côtés sont, l'un sur le bassin de la Villette par lequel arrivent les blés, l'autre sur la rue d'Allemagne par lequel sort le pain fabriqué.

En partant du bassin, on trouve d'abord un élévateur qui conduit le blé au sommet du bâtiment de la meunerie et le déverse dans les appa-

reils de nettoyage, séparateurs, trieurs, laveurs, brosseurs, etc. L'épuration est terminée par les fendeurs qui, saisissant le blé dans le sens de la longueur, le fendent exactement par le sillon et détachent par une légère friction la poussière et les germes de moisissure qui peuvent y rester attachés.

Le blé arrive aux moulins composés de meules annulaires fonte et acier cannelées suivant des formes spéciales pour opérer la décortication de l'amande et sa granulation en gruaux et farines d'une seule passe. Ces moulins et leurs blutoirs sont disposés en deux batteries de 24 unités, les moulins au rez-de-chaussée, et les blutoirs au second étage. La commande des moulins est fort ingénieusement disposée; elle permet, sans croisement de courroies, d'actionner deux moulins par une seule courroie très longue et ne fatiguant pas.

Les farines de premier jet et celles des convertisseurs sont emmagasinées dans de grands réservoirs de 50 000 *kg* chacun, pour la fabrication du pain blanc et les farines des désagrégeurs, plus riches en matières azotées et céréalines, se rendent dans des réservoirs plus petits pour la fabrication du pain de ménage.

Le pétrissage s'opère dans deux pétrins continus pouvant pétrir chacun 2000 *kg* de pâte à l'heure; cette pâte tombe d'une manière continue sur une table où elle est mise en panetons que des wagonets portent à la table de levage, d'où ces panetons passent au hall des fours.

Dans ce hall se trouvent cinq batteries de fours continus chauffés par des gazogènes; le défournage est automatique et les pains sortant sont placés sur un transporteur mécanique et conduits à la salle de ressuage d'où ils sont enlevés pour être portés aux divers dépôts établis dans Paris.

La Société a eu la bonne idée d'installer dans le même local, en façade sur la rue d'Allemagne, une petite meunerie-boulangerie mécanique formant un diminutif très réduit de la grande installation et dans lequel un seul homme, à la fois meunier et boulanger, surveille la fabrication de 500 *kg* de pain par jour.

Les fondateurs de cet établissement disent pouvoir livrer par jour 50 000 *kg* de pain de la meilleure qualité et fabriquer, dans des conditions de propreté et d'hygiène irréprochables, à un prix inférieur de 10 centimes par kilogramme au prix ordinaire et grâce à un rendement normal de 100 *kg* de pain pour 100 *kg* de blé à un taux ne dépassant pas de plus de cinq centimes par kilogramme celui du blé.

35. — **Un coffre-fort américain.** — Nous avons déjà eu plusieurs occasions de mentionner des dispositions curieuses employées aux Etats-Unis pour protéger les coffres-forts ou chambres fortes contre les tentatives d'effraction. En voici une nouvelle qui a, en tout cas, le mérite de l'originalité.

Les parois de la chambre sont formées de tubes distants d'environ 0,10 *m*; le plancher et le plafond sont composés d'une double paroi en tôle. Dans l'intervalle et dans les tubes, il y a de l'air comprimé, de sorte que toute tentative pour couper les barreaux ou entamer la tôle laisse échapper l'air et produit des appels retentissants.

La porte est construite de la même manière et, avant d'atteindre la serrure, il faut déplacer ou couper une forte barre creuse qui donnerait également lieu à un signal. En outre, les tubes contiennent chacun une barre octogonale d'acier à outil très dur et trempé, ces barres tournent sur des pivots ménagés à leurs extrémités et, même si on parvenait à entamer un barreau creux sans que l'échappement de l'air amenât du secours, il serait impossible d'achever de couper le tube, les barreaux intérieurs tournant sous les coups du ciseau. (*Engineer*, 7 juillet 1899, page 11.)

36. — **Enquête sur les logements de la ville de Berne.** — La municipalité de Berne a fait faire une enquête officielle relative au nombre, au prix et à l'état des logements dans cette ville.

Le rapport de M. Landolt, chargé de cette enquête, se divise, pour la partie statistique, en huit chapitres consacrés aux sujets suivants :

1° Le territoire de la ville, sa superficie, ses constructions et la densité de sa population; 2° les bâtiments avec leur surface de terrain et leurs dépendances; 3° les maisons d'habitation; 4° les logements; 5° l'espace des logements; 6° la rente du sol, la valeur, le prix et le rendement des immeubles normalement habités; 8° résultats principaux.

L'enquête a porté sur 3 394 maisons habitées. Ces maisons ont chacune en moyenne 3,2 logements et 19,2 habitants. On a compté 637 maisons de mauvaise qualité, soit 20,2 0/0. On a relevé 1 170 maisons qui ne sont pas reliées à la conduite d'eau, soit 34,5 0/0 et 570, soit 10,1 0/0 dont les cabinets d'aisance se trouvent hors de la maison. Ces défectuosités se rencontrent principalement dans les quartiers ouvriers de la Lorraine et de Wyler-Breitfeld.

Le nombre moyen des habitants par chambre est de 1,4. Un logement compte en moyenne 4,7 personnes. Il y a 543 logements sans cuisine, 2 935 avec cuisine défectueuse, 3 673 avec cabinets d'aisance servant à plusieurs ménages en commun, 7 703 avec des cabinets d'aisance défectueux (sans lumière ou sans eau) 4 423 n'ayant pas de correspondance avec la conduite d'eau, 1 325 avec des escaliers défectueux, 1 830 avec des cuisines dont le dépotoir n'a pas d'écoulement, 1 205 dont les habitants auraient de la peine à se sauver en cas d'incendie, etc.

Quant aux chambres, 5 153 ne sont pas chauffables, 1 329 sont mal éclairées, 2 739 sont humides et mal construites.

Le prix moyen de location pour un logement est de 492 *f*, pour une chambre de 189 *f*. On paye 3,90 *f* par mètre cube d'espace.

Au vu des résultats de cette enquête sur les logements, une Société de locataires s'est constituée dans la ville de Berne, avec un programme offensif et défensif.

Cette Société se propose tout d'abord de faire une propagande active pour écarter les abus et inconvénients constatés, en particulier pour obtenir des mesures préservatrices sous le rapport de l'hygiène et de la salubrité des habitations. On fera sans doute aussi une démonstration contre la cherté des logements.

Dans ce but, une campagne de conférences va être organisée. M. Lan-

dolt exposera lui-même les résultats de son enquête devant la prochaine réunion des locataires. De plus, une assemblée publique sera convoquée.

Le travail scientifique de M. Landolt et les 30 000 *f* dépensés pour l'enquête par la municipalité de Berne ne seront donc pas stériles. De la théorie, les Bernois passent rapidement à la pratique. (*Moniteur de l'Industrie et de la Construction*, 15 juin 1899, page 76.)

37. — **Briques silico-calcaires.** — On fabrique depuis quelques années des briques et pierres artificielles au moyen de sable aggloméré par de la chaux. Un perfectionnement important a été apporté récemment à la fabrication de ces briques, par M. Olschewsky dont le procédé a surtout en vue l'extinction et le broyage de la chaux par des méthodes nouvelles et originales.

La chaux cuite est traitée en vase clos par de la vapeur sous pression, à une température d'environ 150° C. Elle se met en poudre en formant une matière dont la densité n'est que de 0,450 à 0,500, soit environ la moitié de celle de la chaux éteinte par les procédés ordinaires et broyée mécaniquement. Il est à remarquer que l'opération de l'extinction ne coûte rien parce que le dégagement de chaleur produit par l'opération régénère et au delà la vapeur employée. La chaux éteinte contient très peu d'eau et l'humidité naturelle du sable sortant de la carrière suffit pour agglomérer les briques sous une pression convenable.

Il suffit de 6 à 7 0/0 de chaux alors qu'il en faut notablement plus pour les procédés ordinaires.

Des essais faits au laboratoire de l'École des Ponts et Chaussées, à Paris, ont donné pour ces briques une densité moyenne de 1,885 *kg* au mètre cube à l'état sec. La résistance à l'écrasement a été trouvée de 241 *kg* par centimètre carré pour les briques ayant subi des gels et dégels successifs, et desséchées est de 221,5 *kg* pour les mêmes briques dans l'état d'imbibition où elles se trouvaient pour l'essai à la gélivité.

Des essais faits à l'Établissement d'essais de Charlottenbourg ont donné des résultats analogues. On a fait au même établissement des expériences sur la résistance au feu de ces mêmes briques qui ont montré des qualités réfractaires très satisfaisantes.

Ve SECTION

Électricité.

38. — **Les fiacres électriques à Londres.** — Dans son numéro du 2 juin dernier, l'*Electrical Engineer* donne des détails sur les améliorations apportées aux véhicules de la London Electrical Cab Company, qui viennent d'être remises en service après avoir été retirées quelque temps de la circulation. Il paraît que les voitures du nouveau modèle contiennent un certain nombre de modifications radicales qui tendent à produire un fonctionnement plus doux et plus économique.

D'abord, la puissance des moteurs a été portée de 2 1/2 à 3 1/2 *ch.* Les moteurs sont montés sur un châssis articulé à l'arrière du cab et grâce à la présence de cales en caoutchouc, les réactions sur le moteur et la transmission sont évitées.

La transmission est du même système que précédemment, c'est-à-dire à chaine. Les chaines sont maintenant du type Brampton. Pour réduire l'usure sur les bandages, le frein est à bande et agit sur une roue spéciale et non sur les cercles en caoutchouc. Il y a deux de ces freins, un pour chaque roue et, en plus, un frein électrique réalisé par une addition au mécanisme de variation de vitesses, qui donne cinq vitesses différentes pour la marche en avant et une pour la marche en arrière.

La Compagnie produit maintenant elle-même le courant à raison de 0,10 *f* par unité au tableau de distribution, alors qu'elle le payait précédemment 0,275 *f* le jour et 0,40 *f* la nuit à la London Electric Supply Company.

Les batteries d'accumulateurs sont faites pour un parcours de 32 milles (52 *km*) ce qui est beaucoup plus que le parcours annoncé, mais c'est pour pouvoir compter en toute sécurité sur un parcours normal de 29 milles (40 *km*). (*Engineer*, 9 juin 1899, page 377.)

39. — **Singulier effet de la foudre sur une cheminée.** — Pendant un violent orage survenu le 14 dernier, une cheminée des hauts fourneaux de la Friedrich-Wilhelmshütte, à Mülheim-sur-Ruhr, fut frappée par la foudre. On s'aperçut après que la cheminée était percée de 23 trous. Cette perforation eut pour effet de diminuer considérablement le tirage de cette cheminée qui servait au dégagement des gaz sortant des appareils à chauffer le vent pour les hauts fourneaux. On fit la réparation sans arrêt du service. Une petite cheminée, voisine de celle dont nous venons de parler, fut aussi légèrement endommagée. (*Stahl und Eisen*, 15 juin 1899, page 581, article illustré.)

40. — **Transmissions électriques de force en Italie.** — On sait que l'Italie possède de nombreuses chutes d'eau susceptibles d'être utilisées au moyen du transport électrique de la force, mais on ne s'attendait pas à voir Venise, bâtie sur la mer et entourée de lagunes sur une vaste étendue, donner lieu à ce genre d'entreprises. A 80 *km* environ de cette ville, sur les premiers versants des Alpes, se trouve le lac de Santa-Croce, d'où l'eau arrive par un aqueduc de 2 *km*, à un autre lac appelé le lac Mort où on obtient une chute d'une centaine de mètres, laquelle avec le volume débité permet d'avoir une force de 20 000 *ch* environ.

Un second canal amène cette eau à un troisième lac, le lac Marchio, où on a encore une chute de 100 *m* et encore une seconde force de 20 000 *ch*. Cette énergie sera transportée électriquement à Venise, Trévise, Conegliano et Pordanove, où elle sera utilisée pour des applications industrielles probablement surtout pour la fabrication du carbure de calcium, de l'aluminium, de cuivre électrolytique, dont les matières premières se trouvent à peu de distance, à Belonno et Vittorio. On prendra environ 10 000 *ch* pour la traction sur les chemins de fer et on se propose également d'employer une partie de la force pour des irrigations en prenant l'eau dans la Piave.

Une concession récemment accordée à la maison Ganz, de Budapest, pour l'utilisation de la force motrice du Panaro à Marzola, a donné l'oc-

casion de montrer les idées du gouvernement italien en matière de concession de forces hydrauliques. Ces forces sont nombreuses et ont une grande valeur dans un pays où le bois et le charbon sont chers.

Le gouvernement est d'avis que ces forces sont du domaine national et non du domaine communal et qu'on doit les réserver pour les besoins publics de l'avenir, traction sur les chemins de fer et autres applications que viendraient gêner des concessions données prématurément à des particuliers. (*Electrical World*, 27 mai 1899, page 692.)

41. — **Bouillottes électriques de lit.** — La Compagnie Internationale des Wagons-Lits a muni les lits de dix de ses voitures de bouillottes du système de notre collègue M. F. Le Roy. Ces voitures sont destinées aux lignes de la Sibérie. Dans ces bouillottes, la bûche électrique, complètement isolée de l'enveloppe, est reliée par ses pinces à un bouchon muni d'une poignée et au centre duquel passe le fil souple de longueur suffisante pour être pris facilement entre les draps lorsque l'on borde le lit. Le courant est fourni par une petite dynamo actionnée par un des essieux de la voiture ; un dispositif spécial obvie aux variations de vitesse et une batterie d'accumulateurs complète cette usine minuscule. La dépense de ces bouillottes est très minime, elle est inférieure aux 35 watts par appareil, maximum imposé par la Compagnie. Au prix de 0,10 par hecto-watt, tarif moyen des villes, le coût ne serait que de 3 centimes par heure (Communiqué par M. F. Le Roy).

42. — **Électromobile.** — Le journal *Electrical Review*, de New-York, a récemment ouvert un concours et proposé un prix pour le meilleur nom à donner à une automobile pour routes mue par l'électricité. Plus de 400 noms ont été proposés et le jury a décidé en faveur de celui qui figure en tête de cette note. On peut considérer que le nom d'électromobile satisfait aux conditions du programme qui demandait que la désignation impliquât l'idée d'un véhicule se déplaçant par ses propres moyens.

On peut reprocher toutefois à ce mot d'être trop long et, avec la tendance actuelle à réduire au minimum tous les termes qui touchent au sport, on peut s'attendre à le voir subir des abréviations (*Electrical Engineer*, 23 juin 1899, page 778).

43. — **Transports électriques de force.** — Voici quelques chiffres relatifs aux voltages élevés et aux distances réalisés dans diverses installations de transport de force dans les différents pays.

En Allemagne, on rencontre les installations de Donaueschingen avec 10 000 volts et 26 *km*, d'Eichdorf-Gruenberg avec 10 000 volts.

En France. — Ardières, 10 500 volts et 24 *km*, Lavrey, 10 000 volts et 30 *km*.

Suisse. — Combe-Garrot, 14 000 volts, 20 et 48 *km* ; Montbovon, 15 000 volts et 60 *km*.

Canada. — Trenta, 10 000 volts et 21 *km* ; Three Rivers, 12 000 volts *km* ; Chambly-Montréal, 12 000 volts et 60 *km*.

Italie. — Paderno-Milan, 14 500 volts et 33 *km*.

Etats-Unis. — San Antonio, 10 000 volts et 24 *km* ; Stackt, 10 000 volts

et 16 *km* ; Salt Lake City, 10 000 volts et 22 *km* ; Folson-Sacramento, 11 000 volts et 38 *km* ; Fresno, 11 000 volts et 56 *km* ; Blue Lake, 11 000 volts et 63 *km* ; Bakersfield, 11 500 volts et 25 *km* ; Minneapolis, 12 000 volts et Mechanicsville-Schenectady, 12 000 volts et 39 *km* (*Scientific American Supplement*, 18 mars 1899, page 19413).

44. — **Nouveau système de traction électrique.** — On a essayé récemment, à Turin, un nouveau système de traction électrique souterrain dû aux Ingénieurs Arno et Caramagna. Ce système est constitué par un câble qui transmet le courant et qui est placé sous le sol à la hauteur des traverses qui supportent les rails et passe dans des boîtes contenant un contact de prise à balancier.

Une tige aimantée placée sous la voiture, en touchant la partie supérieure de la boîte, fait agir le contact, de manière que le courant passe du câble souterrain dans la tige portée par la voiture. Dès que celle-ci est passée et que le contact a cessé, le balancier s'abaisse et la surface de la boîte reste complètement isolée du courant du câble, de sorte qu'il n'y a aucun danger pour les personnes qui pourraient mettre le pied sur les boîtes.

Les essais faits sur un parcours de 400 *m* de voie ont donné des résultats très satisfaisants. On estime le prix d'établissement à 25 000 *f* par kilomètre. (*Il Politecnico*, mars 1899, page 200.)

45. — **Groupe électrogène mobile.** — M. A. Collet a imaginé un groupe électrogène mobile destiné à fournir de la force pour divers travaux du domaine des cantonniers des voies ferrées, perçage de traverses, serrage de boulons d'éclisses, etc.

Un moteur à pétrole, porté sur un châssis à deux roues, actionne une dynamo; le tout pèse 500 *kg* et constitue une usine en miniature que deux hommes peuvent faire rouler. Pour circuler sur la voie, on la met sur un lorry.

Cette installation peut recevoir encore bien d'autres destinations. En ce moment, la Compagnie de l'Est en emploie une pour l'éclairage des travaux qu'elle exécute au souterrain de Torcenay, près de Chalindrey.

Ces appareils sont construits par la maison Panhard et Levassor. (*Revue Générale des Chemins de fer et des Tramways*, mai 1899, page 344).

46. — **Installation électrique au Canada.** — La grande usine hydro-électrique de Chambly, près Montréal, produira 20 000 *ch*. La dépense de construction est d'environ 150 *f* par cheval, non compris l'équipement électrique, que l'on peut supposer valoir 80 *f* par cheval, ce qui donnerait un prix de revient, en capital, de 230 *f* par cheval électrique. Le barrage est en béton. Chaque dynamo, de 2 500 *ch*, est actionnée par une paire de turbines à axe horizontal, calées directement sur l'arbre de la dynamo. La hauteur de chute est de 9 *m*. (Communiqué par M. Marcel Delmas).

Pour la Chronique, les Comptes Rendus et les Informations Techniques :

A. MALLET.

BIBLIOGRAPHIE

Traité de la construction, de la conduite et de l'entretien des voitures automobiles, publié sous la direction de M. Ch. VIGREUX, par MM. Ch. MILANDRE et R. P. BOUQUET (1).

Nous avons déjà analysé, dans le *Bulletin* de décembre 1898, les deux premiers volumes de cet excellent ouvrage. Nous nous bornons à rappeler qu'ils traitent : le premier, de la *Construction des voitures* en général ; le second, des *Voitures à vapeur*.

Le troisième volume est relatif aux *Voitures à pétrole*. Après avoir brièvement indiqué les qualités et les inconvénients de ces voitures, les auteurs étudient, en manière de préambule, le cycle théorique des divers moteurs à gaz tonnants. Cette étude a pour base la classification de M. Witz et les hypothèses bien connues de l'éminent professeur. La conclusion est celle-ci : tout en se plaçant théoriquement au premier rang des moteurs thermiques, les moteurs à gaz tonnants auraient, dans la plupart des cas, un rendement pratique plus faible que celui des machines à vapeur. Nous ne saurions admettre cette conclusion; d'ailleurs les machines à vapeur ont sur les moteurs à pétrole des avantages assez marqués, entre autres le bas prix et la souplesse de la puissance motrice, pour qu'il convienne de ne pas contester aux derniers l'excellence de leur rendement théorique et pratique.

L'ouvrage s'occupe ensuite presque exclusivement des moteurs à compression préalable, et surtout du moteur à quatre temps. Nous résumons les points les plus essentiels :

Carburation : par évaporation ; par pulvérisation à niveau constant; par pulvérisation à alimentation directe ; — Distribution ; — Allumage spontané ; électrique ; par incandescence ; — Graissage ;

Calculs d'établissement des moteurs par la formule type $N = \lambda d^2 ln$. En réalité, cette formule unique est insuffisante. Contrairement à l'opinion des auteurs, appuyée sur celle de M. Witz, nous ne doutons pas qu'on parvienne à trouver les relations nécessaires pour déterminer les éléments principaux ; et il nous semble exagéré de dire que le cycle du moteur à pétrole est trop complexe pour que ce problème soit possible. Ce cycle n'est pas d'une étude beaucoup plus délicate que dans la machine à vapeur : et même il est plus simple dans certains cas, par exemple avec les moteurs à haute compression et à combustion. Au reste, il n'est pas indispensable que les relations qu'il s'agit d'établir soient générales, pourvu qu'elles s'appliquent dans un champ assez étendu ;

Description des principaux moteurs à compression préalable : à deux temps ; à quatre temps; à combustion ;

Description des types les plus connus de voitures à pétrole : motocycles ; voitures légères ; voitures de tourisme ; avant-trains moteurs ; voitures lourdes.

(1) 2 vol. in-16 de 160 et 260 pages, avec 120 figures. Paris, E. Bernard et Cie, 1899.

Le quatrième volume est relatif aux *Voitures électriques*. Encore plus documenté que les précédents, il a droit à des éloges sans réserves, sauf peut-être en ce qui concerne certaines évaluations de frais d'exploitation, empruntées d'ailleurs au Rapport du jury du concours de fiacres. Nous avons signalé, dans une communication à la Société, les restrictions que semblent comporter ces évaluations.

Les auteurs commencent par mettre en évidence les deux grands avantages du moteur électrique pour la traction sur routes : constance du couple moteur, et incomparable élasticité, sans compter les qualités d'un ordre moins technique qui le recommandent tout particulièrement dans un service urbain. Puis ils donnent de nombreux renseignements sur le fonctionnement et l'établissement des accumulateurs et des dynamos, en supposant, comme conditions moyennes, des batteries de 44 éléments, chargées sur des réseaux à 115 volts, avec une décharge normale de 85 volts. Ces renseignements peuvent se résumer ainsi :

Qualités à demander aux accumulateurs ; — Calcul des accumulateurs ; — Principaux types actuels : à formation autogène ; à formation hétérogène ; mixtes ;

Qualités à demander aux dynamos ; — Couple moteur ; — Principaux types d'induits et d'inducteurs ; leur calcul et leur construction ; — Mode d'excitation : indépendante ; en série ; shunt ; genre compound ; Calcul du moteur.

Changements de vitesse : mécaniques ; par le couplage de la batterie ; par l'excitation ; par le couplage et l'excitation combinés ; par l'emploi si topique de deux moteurs, ce qui supprime le différentiel ; par des agencements particuliers du moteur ;

Combinateurs : leur gamme de vitesses ; — Démarrage ; — Marche arrière ; — Freinage électrique ; — Problème de la récupération ;

Particularités intéressantes de la transmission de mouvement, et suspension du moteur. Transmission : par chaîne et différentiel ; par essieu tournant ; par engrenages avec moteur pour chaque roue motrice ; par avant-train moteur et directeur ;

Bandages ; — Appareils accessoires ;

Frais d'exploitation ; — Charge ; — Entretien ;

Description des principaux types : fiacres, coupés, landaus ; fourgons des sapeurs-pompiers ;

Notes diverses, en particulier sur un procédé de détermination du rendement d'une voiture électrique ; sur la réaction d'induit ; sur les enroulements d'induits tétrapolaires, et sur le calcul des conducteurs.

En résumé, l'ouvrage de M. Ch. Vigreux et de ses collaborateurs est des plus instructifs. Et si nous avons pu faire quelques critiques, d'ailleurs légères, c'est que les quatre volumes de cet ouvrage offrent un intérêt assez réel pour que nous ayons pris la peine de les lire en entier.

R. Soreau.

Le Gérant, Secrétaire administratif,
A. de Dax.

IMPRIMERIE CHAIX, RUE BERGÈRE, 20, PARIS. — 15936-7-99. — (Encre Lorilleux).

Fig.11.

Armature en Metal Deployé, posée sur cintre et recouverte en partie du dallage en béton

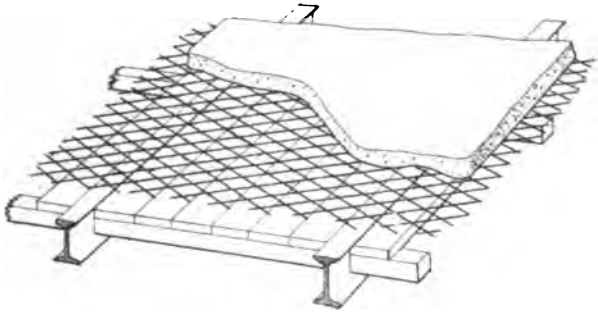


Fig.13.

Plancher à grande portee avec r
et béton sur fers

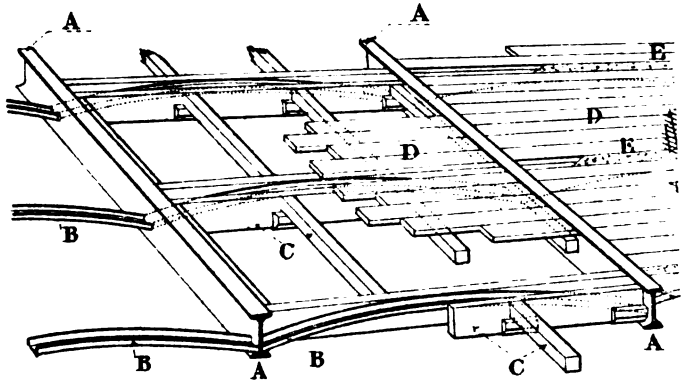
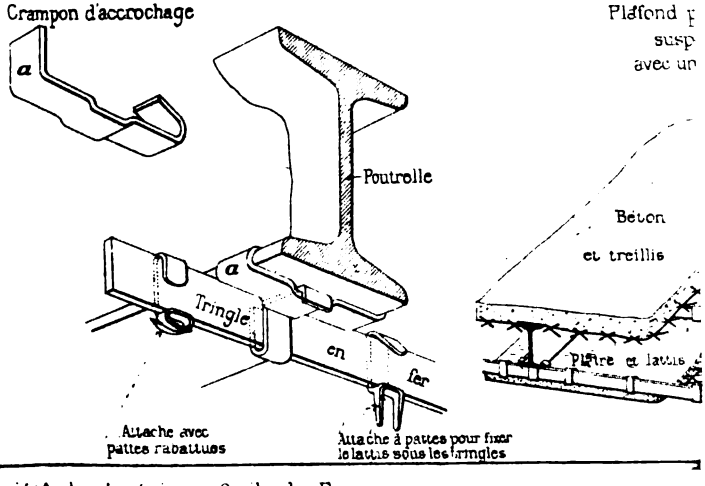


Fig.14.

Détails de plafond suspendu



MÉMOIRES

ET

COMPTE RENDU DES TRAVAUX

DE LA

SOCIÉTÉ DES INGÉNIEURS CIVILS DE FRANCE

BULLETIN

D'AOUT 1899

N° 8.

1° *Du rôle de l'Ingénieur dans les œuvres d'Architecture*, par M. L. Benouville, page 151;

2° *Concours des Poids Lourds de 1898 et le deuxième Concours des Fiacres automobiles en 1899*, par M. G. Forestier, page 157;

3° *A propos des transports par eau entre le Nord et Paris*, par M. A. de Bovet, page 187;

4° *Traverses de chemins de fer en « Quebracho colorado »*, par M. J. Courau, page 201;

5° *Calcul des murs de soutènement des terres en cas de surcharges quelconques*, par M. S. Pichault, page 210;

6° *Notice nécrologique sur Henry Simon*, par M. G. Courtois, page 267;

DU ROLE DE L'INGÉNIEUR

DANS

LES ŒUVRES D'ARCHITECTURE

PAR

M. L. BENOUVILLE

L'importance du rôle de l'Ingénieur dans les œuvres d'architecture, telles qu'on les conçoit actuellement, est appréciée seulement lorsque la construction étant terminée, il est appelé à assurer, souvent en des espaces mal disposés ou insuffisants, quantité de services dont l'existence est un des éléments les plus actifs du bien-être actuel : chauffage, ventilation, éclairage électrique, ascenseurs ou monte-charges, etc.

Le tout ne va pas en général sans dégradations ou altérations de la disposition et de l'aspect intérieurs, ce qu'on impute, à tort, à l'Ingénieur dernier venu, tandis que la faute en est plutôt au concepteur primitif.

Il y a là l'indice d'une situation anormale, et la thèse à soutenir en cette conférence n'est que l'affirmation de la nécessité de réunir en la même personne les deux professions et les deux rôles, l'un n'étant que la conséquence absolument naturelle de l'autre.

Immédiatement les conséquences apparaîtront; et un exemple frappant entre tous montrera, et la genèse d'une architecture, et l'association inéluctable des deux personnalités en même temps que la dépendance, aussi absolue que nécessaire, de l'une d'entre elles par rapport à l'autre, si l'on veut faire de la vérité, la logique et la raison, les bases de sa ligne de conduite.

Il existe, en effet, en France, une architecture qu'avec la plus parfaite raison on peut appeler nationale : c'est l'architecture gothique.

Il n'en est aucune dont la raison d'être soit plus affirmée, dont la construction soit plus logique, et où la vérité des moyens employés soit plus apparente.

En pleine conscience il ne peut venir à personne la pensée de contester la grandeur de l'admiration qu'inspire cette architecture, lorsqu'on s'est rendu compte des raisons qui l'ont fait naître et prospérer pendant près de quatre siècles, influençant encore pendant plusieurs siècles une renaissance qui nous a donné des édifices dont l'éloge n'est plus à répéter.

Quelques mots sur la genèse de cette architecture, et ce, à propos du monument le plus caractéristique de la cité du moyen âge : l'église, montrera l'association constante du constructeur et de l'artiste en le maître-d'œuvres, ce que doit être l'architecte actuel.

La préoccupation du gothique est d'obtenir une salle couverte dont le plan est plus ou moins variable comme points d'appui et clôture, en assurant deux conditions essentielles au moins : la durée et l'éclairage, en tenant compte des facultés constructives de l'industrie de son temps.

Il est presque superflu d'affirmer qu'en l'an 1000 les voies de communication étaient extrêmement restreintes comme développement, commodité et sûreté — que la manutention de lourds matériaux était très difficultueuse eu égard à la faiblesse des engins de levage et de transport — qu'en résumé l'emploi de grosses masses de matériaux hors de leur lieu de production était extrêmement onéreux, pour ne pas dire impossible.

Le gothique emploie donc, autant qu'il le peut, des matériaux naturels ou de pays de faible échantillon pour la construction massive, qu'il recouvre, en parement seulement, de pierre de taille toujours admirablement appareillée et quelquefois employée en délit avec la plus scrupuleuse logique et l'économie la mieux raisonnée.

Comme il n'a sous les yeux que ce qui reste des monuments romains détruits par les invasions barbares, ou dégradés par le temps, et que le mode de travail romain lui est refusé : savoir l'emploi de masses considérables de matériaux, d'un personnel très nombreux et d'une administration très avancée, il s'essaye à imiter avec ses moyens la solution romaine de la difficulté qu'il veut vaincre.

Il lui faut une salle couverte, il doit renoncer au bois pour la couverture, car l'incendie détruit tout dans une construction, même les murs. Il faut donc qu'il voûte en pierre la salle ou l'édifice qu'il veut voir durer.

Commençant par le berceau dont il contre-butte, après quelques

essais infructueux, la poussée par des berceaux transversaux perpendiculaires, il arrive en moins d'un siècle à assurer les deux conditions précitées et :

Il voûte son édifice comme il l'entend, quelle qu'en soit la forme ;

Il réserve au mieux l'éclairage des vaisseaux ;

Il assure la stabilité par des moyens d'une hardiesse et d'une subtilité qui émerveillent.

Il le voûte, son édifice, par la voûte dite gothique, montée sur des arcs brisés ou non, réunissant 2 à 2 les points d'appui élevés aux quatre angles d'un quadrilatère. — Grâce à ces nervures, montées par rouleaux successifs, la surface comprise entre elles est assez faible pour être remplie avec des portions de voûte à double courbure, montées avec des cerces à glissières, dont l'épaisseur peut n'être que de 0,15 *cm* comme à la Cathédrale de Paris.

Les montées de ces arcs ou nervures lui permettent de réserver l'éclairage aussi parfait que possible du volume clos. Il le fait quelquefois d'une manière qui atteste la souplesse du procédé employé, tel que la solution adoptée primitivement pour éclairer la galerie haute de la Cathédrale de Paris.

Si haut que soient montées les voûtes, le constructeur gothique renvoie par l'arc-boutant leur poussée au contrefort extérieur buttant leur effet. Il fait souvent montre d'une audace et d'une ingéniosité extraordinaires dans leur établissement. Le tracé et l'insertion de ceux de la Cathédrale de Paris en sont une preuve. Plus encore la composition de l'abside de la Cathédrale de Beauvais révèle par l'introduction du contrefort intermédiaire monté, en porte à faux vers l'intérieur, sur la pile portant les voûtes du collatéral une ressource d'esprit merveilleuse et une sagacité que les épures de stabilité peuvent seules proclamer entièrement.

Les épures de statique montrées en projections pour cet édifice, et pour d'autres d'un intérêt moins considérable, font ressortir avec la dernière évidence, l'impeccabilité avec laquelle le maître d'œuvres a tracé son édifice ; les lignes de poussée passent à l'endroit voulu pour que la stabilité existe dans des conditions identiques à celles que nous connaissons actuellement.

Il n'est pas jusqu'à l'emploi des matériaux en grandes assises ou en délit pour les parements extérieurs, par opposition au blocage pour ceux intérieurs, qui ne traduise le souci de faire

concourir toutes les circonstances de la construction, même la différence de tassement, à la stabilité de l'édifice. Les moyens de chainage continu manquant, cette méthode de bâtir permettait d'obtenir une tendance, faible il est vrai mais n'en existait pas moins, au contre-buttement des poussées intérieures.

Il semble même que l'intention des avantages de certaines dispositions très spéciales se soit fait jour ; c'est ainsi que dans la construction gothique, le joint de la clé des arcs brisés constitue une véritable rotule.

La poussée passant certainement par ce point au sommet est reçue vers la naissance par un énorme bloc de pierre contre lequel vient s'amortir l'arc-boutant. Il est immobilisé, ce sommier, très solidement, et, pour que l'arc-boutant agisse utilement ce sommier est chargé d'une statue colossale et d'un pinacle. La résultante de ces actions en ce point passe dans l'arc-boutant avec l'importance nécessaire à la conservation de sa fonction.

Profondément logiques et manifestant partout la sincérité de leurs moyens les constructeurs gothiques ont employé des formes décoratives résultant de la fonction, ainsi le principe du chapiteau n'est que l'extension de celui du corbeau : la masse supportée occupe tout le tailloir et non, seulement la trace du fût de la colonne inférieure sur son plan comme dans la construction romaine.

L'exposition de ces principes de construction ne peut empêcher de faire remarquer qu'à chaque instant l'artiste, souvent incomparable, se révèle dans le constructeur. — Chaque ornement, tout en étant d'une grâce et d'une délicatesse toujours remarquables, concourt soit à assurer la structure, soit à l'accuser.

En un mot l'architecture gothique est tout entière dans la décoration de sa structure, si l'on n'envisage que sa forme.

On peut se convaincre de l'excellence de ces principes qui ont fait élever des monuments tels que ceux passés en projection, la Cathédrale de Paris, celle de Beauvais, l'église Saint-Urbain de Troyes remarquable par l'extension donnée à l'application des principes susénoncés, au point que ce n'est plus qu'une cage de verre et où les arcs-boutants deviennent de par leur construction de véritables étais ; Saint-Julien-le-Pauvre ; Jouy-le-Moustier où l'insertion de l'arc-boutant montre une sagacité remarquable.

L'église de Louviers où les contreforts ont dû à cause de leur

faible épaisseur être réunis par une galerie à jour formant comme un étrésillonnement continu entre eux ; le portail de la Cathédrale de Reims dont la fonction la plus essentielle est de réunir et d'étrésillonner les contreforts des tours à leur base ; les remparts de Carcassonne ; le clocher de la Cathédrale de Coutances ; l'escalier du château de Blois qui accuse nettement le parti adopté avec l'appareil en plate-bande rampante du balcon et où la douelle de chaque claveau porte une décoration distincte, etc.

Or on voit maintenant étudier des formes qui seront employées invariablement, à des échelles variables, pour décorer la construction sans que leur présence soit nécessaire ; il est bon d'ajouter qu'elle est même souvent nuisible.

On appliquera devant une façade quelconque des colonnes engagées ou non dont la présence constructive ne s'explique pas on emploiera des frontons dont la masse énorme de pierre tendre devra être couverte comme une vraie toiture et où des balustrades inutiles ou hors de l'échelle humaine viendront s'amortir sans raison.

Dans ces œuvres, le rôle de l'ingénieur est nul, ou presque, parce que la quantité de logique absolue qui préside à la conception est nulle ou presque.

Le rôle de l'ingénieur est tout autre ; qu'il soit constructeur ou mécanicien il raisonnera de la même manière ; la conception sera de même ordre.

Comme il calcule tous les organes d'une machine, il pèsera toutes les raisons qui peuvent lui faire adopter telle disposition plutôt qu'une autre ; de même aussi tels matériaux plutôt que tels autres, parce que leurs propriétés leur imposent leur place et leur fonction.

Pour ces raisons et par ces seules raisons, dans sa machine il obtient souvent l'harmonie de la forme avec la résistance ; il fait alors de l'art ; sa machine est une œuvre d'art. Pourquoi une construction, conçue de même, n'en serait-elle pas une ?

Sa machine nous impressionne par la révélation de puissance qu'elle nous donne, la régularité de son fonctionnement, le judicieux emploi des matériaux constitutifs ; en un mot la parfaite concordance des éléments qui la composent et de la fonction qu'ils remplissent.

Une construction qui serait conçue dans le même esprit sera artistique pour les mêmes raisons si le judicieux emploi des

matériaux est accusé par des formes et une décoration appropriées.

Actuellement si les ingénieurs sont écartés de la construction et cantonnés dans l'usine, la voie publique, les chemins de fer, etc., et si leur rôle semble n'être que de faire tenir debout la forme de l'architecte, cela tient à une éducation générale entièrement basée sur des préjugés séculaires dont l'origine est dans l'enseignement officiel de l'architecture.

Le rôle des ingénieurs est donc, comme constructeurs, de procéder avec l'esprit de logique qui est la base même de leur éducation ; de ne mettre dans leurs productions que les éléments nécessaires aux besoins, au bien-être, sans se préoccuper d'une forme ou d'un style antérieurs et ce faisant la forme trouvée, ils seront, mieux que tous autres, aptes à produire des œuvres d'art où se manifesteront comme dans celles de leurs devanciers gothiques, qui appliquèrent cette méthode-là, la sûreté de jugement et le goût qui caractérisent l'esprit français.

CONCOURS DES POIDS LOURDS

DE 1898

ET LE

DEUXIÈME CONCOURS DE FIACRES AUTOMOBILES

EN 1899

PAR

M. G. FORESTIER (1)

MESSIEURS,

Il avait d'abord été convenu que M. le Comte de Chasseloup-Laubat, l'âme du concours des Poids Lourds, vous rendrait compte des épreuves qui ont eu lieu au mois d'octobre 1898; mais, comme les Conseillers généraux demandent qu'on les mette au courant des résultats obtenus, j'ai dû, en l'absence du secrétaire de la Commission engagé dans le Tour de France, accepter la double tâche de vous rendre compte du concours des Poids Lourds de 1898 et du concours des voitures de place automobiles de 1899.

Cette double tâche me permettra de passer en revue toutes les applications des moteurs à vapeur, à mélange tonnant ou électrique, à l'automobilisme industriel, c'est-à-dire à l'automobilisme pour lequel on se préoccupe surtout du prix de revient.

Pour l'automobilisme de sport ou de promenade, dans lequel on recherche surtout la vitesse, sans trop regarder à la dépense, le problème de la traction mécanique est chose résolue aujourd'hui.

On fait 50 *km* en moyenne à l'heure avec autant d'aisance qu'en chemin de fer. De Paris à Nancy, un des concurrents du Tour de France a, dit-on, lutté de vitesse pendant assez longtemps avec l'express de Paris à Nancy.

Dans l'automobilisme industriel, l'économie du transport est la question importante; nous avons à vous montrer comment, en

(1) Voir procès-verbal de la séance du 21 juillet, page 17 du *Bulletin* de juillet 1899.

profitant pour le matériel roulant et pour le moteur des progrès accomplis dans l'automobilisme de sport, nous sommes arrivés à obtenir, avec la traction mécanique, des services de transport plus économiques qu'avec les attelages ordinaires.

Deuxième Concours des Poids Lourds de 1898.

Moteurs à vapeur. — Considérons d'abord les voitures à moteur à vapeur appliquées au transport en commun des voyageurs.

Dans le deuxième concours des Poids Lourds qui a eu lieu du 6 au 12 octobre 1898, nous avons vu fonctionner à la fois des chaudières à vapeur chauffées : au coke, aux huiles lourdes et à l'essence ordinaire.

Le chauffage aux huiles lourdes était appliqué au générateur Serpollet. Dans le chauffage au coke, la chaudière de Dion et Bouton était à tubes d'eau; enfin, la chaudière chauffée à l'essence qui fonctionnait sur une voiture anglaise, le break Leyland, était verticale, du type ordinaire, avec tubes à flammes.

Nous avons pu ainsi recueillir des résultats comparatifs des plus intéressants.

Tout d'abord, disons que nos épreuves ont donné comme vitesses des résultats aussi favorables qu'on pouvait l'espérer.

Vous savez que, dans un service public de transport en commun de voyageurs, la vitesse normale avec traction animale est de 9 *km* à l'heure. Quand on descend d'un train rapide, voire même direct, il est pénible de mettre une heure pour faire 9 *km*. Donc, ce qu'on demande avant tout à l'automobilisme, c'est la vitesse. A cet égard-là, voici les résultats obtenus comme vitesse moyenne sur un parcours total de plus de 300 *km*.

Omnibus de Dion et Bouton . .	16,19 *km*	à l'heure.
Char à bancs de Dion et Bouton	17 *km*	—
Omnibus Serpollet	14 *km*	—
Break Leyland	11,3 *km*	—

Pour la vitesse en palier du Pont de Suresnes à la Porte-Maillot (aller et retour), nous trouvons :

Omnibus de Dion et Bouton . .	17,38 *km*	à l'heure.
Char à bancs de Dion et Bouton.	17 *km*	—
Omnibus Serpollet	16,4 *km*	—
Break Leyland	15 *km*	—

Si, maintenant, nous considérons ces véhicules sur des pentes moyennes comme entre Beauregard et le pont de Saint-Cloud, nous relevons les vitesses suivantes :

Omnibus de Dion et Bouton . .	20,3 *km*	à l'heure.
Char à bancs de Dion et Bouton.	19,5 *km*	—
Omnibus Serpollet	12 *km*	—
Break Leyland	15 *km*	—

Ces vitesses ne donnent évidemment aucun renseignement utile sur la valeur du moteur; elles permettent seulement de se rendre compte du degré de confiance que le conducteur a dans ses freins et dans la stabilité de son véhicule.

Au point de vue de la puissance du moteur et surtout de la puissance de vaporisation de la chaudière, considérons une section de rampe continue moyenne comme celle du pont de Sèvres à Versailles, nous trouvons, pour les vitesses moyennes :

Omnibus de Dion et Bouton . .	16,4 *km*	à l'heure.
Char à bancs de Dion et Bouton.	11,5 *km*	—
Omnibus Serpollet.	12,8 *km*	—
Break Leyland	8,2 *km*	—

Sur la section du pont du Pecq à Versailles, qui comprend la rampe du pont du Pecq et celle du Cœur-Volant, les vitesses moyennes ont encore été :

Omnibus de Dion et Bouton. . .	14,4 *km*	à l'heure.
Char à bancs de Dion et Bouton.	15,9 *km*	—
Omnibus Serpollet.	12,8 *km*	—
Break Leyland.	9,3 *km*	—

Les automobiles à vapeur permettent donc d'obtenir des vitesses moyennes satisfaisantes même sur des itinéraires fortement accidentés.

Moteurs à mélange tonnant. — Les véhicules à moteur à mélange tonnant comprenaient un omnibus Panhard et Levassor de 6 *ch* (1), un break de Dietrich de 9 *ch*, un omnibus Rozer-Mazurier à moteur compound de 9,5 *ch*.

(1) En réalité, le véhicule Panhard et Levassor était une voiture de livraison de banlieue, mais comme elle a porté sa charge utile de 1 000 *kg* sur tout le parcours, nous pouvons la considérer comme un omnibus de 10 voyageurs avec bagages.

Les vitesses moyennes gènérales de ces trois voitures ont été respectivement de **16** *km*, **13** *km* et **10,4** *km*.

En palier, du Pont de Suresnes à la Porte Maillot (aller et retour) :

Omnibus Panhard et Levassor	**19,8** *km*
Break de Diétrich	**16** *km*
Omnibus Rozer et Mazurier	**16,10** *km*

Sur la pente moyenne de Beauregard au pont de Saint-Cloud :

Omnibus Panhard et Levassor	**17,6** *km*
Break de Diétrich.	**13,8** *km*
Omnibus Rozer et Mazurier.	**16,13** *km*

Sur la rampe moyenne, mais continue, de Sèvres à Versailles, les vitesses ne sont plus que :

Omnibus Panhard et Levassor	**14,2** *km*
Break de Diétrich.	**12** *km*
Omnibus Rozer et Mazurier	**5,56** *km*

Sur la section du pont du Pecq à Versailles comprenant des rampes exceptionnelles, la vitesse moyenne diminue encore, et nous trouvons :

Omnibus Panhard et Levassor	**13,4** *km*
Break Diétrich.	**9,4** *km*
Omnibus Rozer et Mazurier	**6** *km*

Voici pour les voyageurs. Considérons maintenant le transport des marchandises.

Avec le camion à vapeur de Dion et Bouton d'une puissance de 30 *ch* :

La vitesse moyenne générale a été de **12,9** *km*;
En palier, **14,6** *km*;
Sur la pente de Beauregard au pont de Saint-Cloud, **16,13** *km*.
Avec la chaudière de Dion et Bouton, on peut obtenir une vaporisation assez rapide, même en poussant l apression jusqu'à **18** *atm*; aussi a-t-on pu obtenir :

11,4 *km* sur la rampe ordinaire du pont de Sèvres à Versailles.

Et, en forçant les feux, a-t-on maintenu une vitesse moyenne :

De **11** *km* sur la section à rampes exceptionnelles du pont du Pecq, à Versailles;

Avec le camion de Diétrich à moteur à mélange tonnant d'une puissance de **9** *ch* :

La vitesse moyenne générale a été de **12,6** *km* ;
En palier : **15** ;
En pente : **14**.

Sur les rampes ordinaires, elle était encore de **11** ;
Sur la section à rampes exceptionnelles, elle n'est tombée qu'à 10 *km*.

Ce qui intéresse encore plus que les vitesses dans les services de transport en commun, c'est la dépense qu'ils entraînent.

Les tableaux suivants, où on a condensé les données principales de toutes les voitures, permettent de se rendre compte de suite des résultats obtenus à cet égard.

I. — Voyageurs.

Consommation par tonne kilométrique.

	VÉHICULES		PRIX	PUISSANCE du MOTEUR	VITESSE COMMERCIALE	CHARGE UTILE	POIDS MORT	POIDS TOTAL	POIDS TOTAL par cheval-vapeur	POIDS adhérent en pleine charge	RAPPORT du poids adhérent au poids total	COMBUSTIBLE par tonne kilom.		EAU / COKE
												TOTALE	UTILE	
1			2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
			francs	chev.	kilom.	kilogr.	kilogr.	kilogr.	kilogr.	kilogr.		*Coke.* kilogr.	kilogr.	
1° Vapeur.	Omnibus de Dion. .	1897	22 000	25	14 à 14,5	1 120	5 040	6 160	235	4 200	0,68	0,31	1,73	6,2
		1898	22 000	30	14,46	2 000	6 380	8 380	276	5 200	0,51	0,321	1,33	4,87
	Pauline de Dion. . .	1897	22 000	30	13,81	2 400	6 200	8 600	283	6 260	0,73	0,34	1,20	4,98
		1898	26 500	35	10 à 10,8	2 500	7 410	9 910	274	6 051	0,61	0,37	1,42	5,5
												Huiles lourdes. litres	litres	
	Omnibus Serpollet .	1898	18 000	15	12,34	1 350	5 500	6 850	442	4 450	0,65	0,245	1,207	13 (essai)
												Essence de commerce. litres	litres	
	Break Leyland . . .	1898	10 000	6	9,5	750	1 950	2 700	276	1 565	0,60	0,60	1,080	11 (essai)
2° Mélange tonnant.	Omnibus Panhard. .	1897	18 000	12	10 à 15	1 000	2 400	3 400	273	2 300	0,68	0,147	0,490	5
	Livraison Panhard .	1898	12 000	8	14,2	1 000	2 250	3 250	406	2 050	0,66	0,109	0,355	Insignifiant.
	Break Dietrich . . .	1898	12 000	9	11,5	1 000	2 050	3 050	339	2 020	0,66	0,136	0,420	Id.
	Omnibus Roser . . .	1898	18 000	9,5 (Compound)	9,54	950	2 700	3 650	400	1 930	0,53	0,078	0,296	Id.
												watts-heure	watts-heure	
3° Moteur électrique.	Livr. Électromobiles.	1898	13 000	3,5	10,014	750	2 070	2 820	814	1 800	0,63	149	560	—
	Livraison Kriéger. .	1898	15 000	8	10,2	500	1 530	2 030	253	1 015	0,50	111	451	—

VÉHICULES			KILOMÈTRES PAR JOUR	DÉPENSES INDÉPENDANTES DE LA CHARGE					DÉPENSES variant avec la charge			DÉPENSES TOTALES PAR JOUR			1/3 CHARGE		2/3 CHARGE		CHARGE COMPLÈTE	
				INTÉRÊTS ET AMORTISSEMENT	PERSONNEL	ALLUMAGE ET GRAISSAGE	FRAIS GÉNÉRAUX	DÉPENSES TOTALES	ÉNERGIE CONSOMMÉE 1/3 DE CHARGE	ÉNERGIE CONSOMMÉE 2/3 DE CHARGE	ÉNERGIE CONSOMMÉE CHARGE COMPLÈTE	1/3 DE CHARGE	2/3 DE CHARGE	CHARGE COMPLÈTE	NOMBRE DE TONNES-KILOM.	PRIX DE REVIENT PAR PLACE KILOM. avec bagages	NOMBRE DE TONNES-KILOM.	PRIX DE REVIENT PAR PLACE KILOM. avec bagages	NOMBRE DE TONNES-KILOM.	PRIX DE REVIENT PAR PLACE KILOM. avec bagages
			kilom.	francs	francs	francs	francs	francs	francs	francs	francs	francs	francs	francs	t.-km.	francs	t.-km.	francs	t.-km.	francs
1° Vapeur.	Omnibus de Dion	1897	145	15,40	11	7,32	3,37	37,90	10,90	11,71	12,51	47,9	48,8	49,6	54	0,089	108	0,045	162	0,030
		1898	140	15,30	11	3,42	2,97	32,69	13,90	15,34	16,64	46,61	48,03	49,33	93	0,050	186	0,025	280	0,015
	Pauline de Dion	1897	108	18,35	16	6,12	4,16	44,83	14,54	16,10	17,61	60,39	61,94	63,45	90	0,067	180	0,034	270	0,023
		1898	133	15,30	11	3,42	2,97	32,69	13,78	15,78	18,05	46,17	48,47	50,74	106	0,04	212	0,022	319	0,015
	Break Leyland	1898	90	7,00	8	2,09	1,70	18,79	11,58	12,76	14,28	30,28	31,66	33,08	22,5	0,134	45	0,073	67,50	0,049
	Omnibus Serpollet	1898	120	12,60	8	2,80	2,34	23,74	34,60	39,34	42,14	60,34	65,08	67,88	56	0,107	112	0,058	168	0,040
		1898	Si l'huile coûtait 0 fr. 15 le litre.						24,15	27,4	29,40	19,89	53,1	55,1	56	0,089	112	0,047	168	0,033
2° Mélange tonnant.	Voitures Panhard	1897	105	12,60	8	3,50	2,41	26,51	16,36	18,47	20,23	42,87	44,98	47,04	35	0,122	70	0,064	105	0,045
		1898	140	8,40	8	1,00	1,74	19,14	15,74	17,78	19,84	34,84	36,92	39,00	46,6	0,074	93,3	0,039	140	0,027
	Break Dietrich	1898	110	8,40	8	1,50	1,79	19,69	14,15	16,16	17,95	33,94	35,85	37,64	36,63	0,106	73,26	0,045	109	0,034
	Omnibus Roser	1898	90	12,60	8	1,75	2,23	24,58	2,52	5,05	7,58	27,10	29,63	32,16	28,50	0,105	57	0,052	85,5	0,037
3° Moteur électrique.	Livraison Électromobiles	1898	95	9,10	8	0,75	1,78	19,63	7,42	8,23	9 »	27,05	27,86	28,63	23,75	0,114	47,5	0,057	71,25	0,038
	Livraison Kriéger	1898	96	10,50	8	0,75	1,92	21,17	4,00	4,50	4,86	25,17	25,67	26,03	16	0,157	32	0,080	48	0,050

Les deux véhicules à moteur électrique dont il est question dans les tableaux qui précèdent étaient en réalité des voitures de livraison de banlieue portant respectivement une charge utile : électromobiles, 750 *kg* ; Krieger, 500 *kg*.

De même que pour les voitures de livraison Panhard et Levassor, leur service pendant le concours n'a pas été celui d'une voiture de livraison, mais bien celui d'un camion ou d'un omnibus puisqu'elles ont transporté leur charge complète de bout en bout.

Nous avons cru devoir profiter de cette circonstance pour déduire des constatations du concours de 1898, sur l'itinéraire C si accidenté, quelques renseignements utiles sur le prix de revient du transport en commun des voyageurs par un omnibus à moteur électrique dans les pays montagneux fréquentés par les touristes où les hôtels utilisent des chutes d'eau pour installer l'éclairage électrique.

II. — Marchandises.

Consommation par tonne kilométrique.

VÉHICULES		PRIX	PUISSANCE du MOTEUR	VITESSE COMMERCIALE	CHARGE UTILE	POIDS MORT	POIDS TOTAL	POIDS TOTAL par cheval-vapeur	POIDS adhérent en pleine charge	RAPPORT du poids adhérent au poids total	COMBUSTIBLE par tonne kilom. TOTALE	COMBUSTIBLE par tonne kilom. UTILE	EAU / COKE
1		2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
		francs.	chev.	kilom.	kilogr.	kilogr.	kilogr.	kilogr.	kilogr.		*Coke.* kilogr.	kilogr.	
1° Vapeur.	Camion de Dion. . . 1898	19 000	30	11,1	3 300	5 540	8 840	291	5 340	0,60	0,423	1,122	4,5
	Train Scotte 1897	24 000	16	6,5 à 7	4 200	7 550	11 750	716	5 730	0,48	0,530	1,430	3,5
2° Mélange tonnant	Camion Dietrich. . . 1897	6 000	6,5	8 à 9	1 200	1 300	2 500	377	1 800	0,72	*Essence.* litres 0,115	litres 0,285	»
	1898	10 000	9	10,8	1 500	1 870	3 370	374	2 495	0,74	0,164	0,370	»

Prix de revient de la tonne-kilomètre.

VÉHICULES		KILOMÈTRES PAR JOUR	DÉPENSES INDÉPENDANTES DE LA CHARGE: INTÉRÊTS ET AMORTISSEMENT	PERSONNEL	ALLUMAGE ET GRAISSAGE	FRAIS GÉNÉRAUX	DÉPENSES TOTALES	DÉPENSES variant avec la charge — ÉNERGIE CONSOMMÉE: 1/3 DE CHARGE	2/3 DE CHARGE	CHARGE COMPLÈTE	DÉPENSES TOTALES PAR JOUR: 1/3 DE CHARGE	2/3 DE CHARGE	CHARGE COMPLÈTE	1/3 CHARGE: NOMBRE DE TONNES-KILOM.	PRIX DE REVIENT PAR TONNE-KILOM.	2/3 CHARGE: NOMBRE DE TONNES-KILOM.	PRIX DE REVIENT PAR TONNE-KILOM.	CHARGE COMPLÈTE: NOMBRE DE TONNES-KILOM.	PRIX DE REVIENT PAR TONNE-KILOM.
		kilom.	francs	francs	francs	francs	francs	francs	francs	francs	francs	francs	francs	t.-km.	francs	t.-km.	francs	t.-km.	francs
1° Vapeur.	Camion de Dion. 1898	106	13,29	11	4,42	2,88	31,59	11,88	15,05	17,25	43,57	46,74	48,94	116,6	0,373	233,3	0,200	349,8	0,140
	Train Scotte 1897	70	16,80	16	4,85	3,76	41,41	14,44	16,84	19,23	55,85	58,25	60,64	98	0,570	196	0,297	294	0,206
2° Mélange tonnant	Camion Dietrich 1897	90	4,20	8	1,00	1,32	14,52	7,00	8,70	10,38	21,52	22,22	24,00	36	0,597	72	0,322	108	0,230
	1898	100	6,99	8	1,50	1,65	18,14	15,54	18,83	22,11	33,68	36,97	40,25	50	0,673	100	0,369	150	0,268

Les vitesses données en commençant sont les vitesses moyennes réelles avec lesquelles les diverses sections ont été parcourues d'après les relevés des feuilles des commissaires qui accompagnaient les véhicules.

Pour en déduire les vitesses commerciales inscrites dans les tableaux, nous avons dû augmenter les temps réels d'un certain nombre de minutes : 20 ou 30, suivant les itinéraires, pour tenir compte des opérations commerciales qu'en service régulier le conducteur de la voiture est obligé de faire en route, pour les commissions dont il s'est chargé, pour prendre les voyageurs et pour se ravitailler. Dans ces conditions, les vitesses moyennes données, pour les quatre voitures à vapeur, qui étaient respectivement de 16,19; 17; 14; 11,3, se réduisent, comme vitesses commerciales, à 14,46; 14,81; 12,34 et 9,5.

De ces dernières vitesses nous avons déduit la quantité de kilomètres que chaque voiture pouvait faire dans une journée et la consommation par tonne kilométrique utile, c'est-à-dire les bases du calcul du prix de revient.

En ce qui concerne les voitures à vapeur, nous avons un grand intérêt à comparer les quantités de combustible consommées par tonne kilométrique.

Ainsi nous verrons que, dans les omnibus de Dion et Bouton (l'année dernière, le moteur était de 25 *ch*, cette année il est de 30), on a brûlé en 1897, par tonne kilomètrique totale, 0,310 *kg* de coke d'usine à gaz, tandis qu'en 1898, la consommation a été de 0,321 *kg*, de même, la consommation, par tonne kilométrique utile, de l'année dernière, 1,73 *kg*, a été ramenée cette année à 1,33 *kg*.

Par conséquent, on voit l'influence heureuse de l'augmentation de la charge utile, malgré l'accroissement du poids total du véhicule et de la puissance du moteur qui en sont la conséquence.

Au contraire, pour le char à bancs de Dion et Bouton, la consommation de coke par tonne kilométrique totale a été de 0,34 *kg* en 1898 pour une charge de 2 400, au lieu de 2 500 en 1897, où la consommation a été de 0,37 *kg*.

Le poids de combustible brûlé par tonne kilomètrique utile a été, en 1898, de 1,200 *kg*. En 1897, il avait été de 1,42 *kg*, mais la Pauline de 1897 était à tracteur au lieu d'être un véhicule automobile comme le char à bancs de 1898.

Si nous envisageons plus spécialement la chaudière, nous verrons que la quantité d'eau vaporisée était, l'année dernière,

de 6,2 *kg* d'eau pour 1 *kg* de coke ; cette année, elle est seulement de 4,87 *kg*. Pour la Pauline, l'année dernière, cette quantité était de 5,5 *kg* ; cette année, de 4,98 *kg*.

Puisque nous avions, en 1898, un omnibus dont le générateur Serpollet était chauffé à l'huile lourde et un break dont la chaudière à tubes de fumée était chauffé à l'essence, rapprochons les consommations de ces différents combustibles de celle du coke. Alors que la consommation était de :

0,34 *kg* de coke par tonne kilométrique, avec le moteur de Dion et Bouton.

On brûlait :

Dans le générateur Serpollet, 0,245 *l* d'huiles lourdes.
Et, dans la chaudière Leyland, 0,300 *l* d'essence ordinaire.

Par conséquent, vous voyez tout de suite que, suivant les prix commerciaux du coke, des huiles lourdes ou de l'essence, on pourra avoir intérêt à utiliser l'un ou l'autre.

L'avantage le plus manifeste d'un combustible liquide comme les huiles lourdes ou l'essence, c'est que la vapeur d'échappement n'étant plus nécessaire pour obtenir le tirage forcé, on peut employer des radiateurs pour récupérer l'eau d'échappement comme on le fait, avec tant d'avantage, pour refroidir l'eau qui s'est échauffée autour des moteurs à mélange tonnant.

Il va sans dire que cette eau, contenant de l'huile minérale, aura besoin d'être filtrée, soit comme le fait M. Serpollet, en la faisant passer dans de la limaille de fer, puis dans un réservoir, où elle se décante avant d'être renvoyée à la chaudière, soit en la faisant simplement passer après décantation sur des éponges.

Comme voitures à moteurs à mélange tonnant, nous avons eu l'omnibus de Panhard et Levassor, le petit break de Diétrich et l'omnibus Rozer-Mazurier. Le tableau nous montre de suite que, par tonne kilométrique, il a fallu 0,147 *l* d'essence pour l'omnibus Panhard et Levassor, de l'année dernière, et 0,109 *l*, cette année ; dans le break Diétrich, 0,136 *l*, et dans l'omnibus Rozer, 0,078 *l*. Ces chiffres rapprochés de la consommation du Leyland montrent clairement que l'on obtient un meilleur rendement du combustible dans le moteur à mélange tonnant que dans la chaudière de la machine à vapeur. Du reste, on sait que la machine à vapeur n'a qu'un rendement de 10 0/0 et le mélange tonnant un rendement de 15 à 20 0/0.

Ce qui vous frappera le plus, c'est la consommation très faible du

moteur de l'omnibus Rozer-Mazurier, dans lequel on a appliqué, au moteur à mélange tonnant, le principe des machines à vapeur Compound, c'est-à-dire dans lequel le mélange qui sort des cylindres à explosion avec une pression de 5 à 6 *atm*, se détend dans un cylindre intermédiaire avant de s'échapper dans l'atmosphère. D'après la forme des diagrammes des moteurs on était porté à penser que le principe du compound ne devait pas être très avantageux avec le mélange tonnant. La pratique montre qu'il présente cependant une économie qui n'est pas négligeable.

Il offre un autre avantage.

On cherche de tous côtés à faire disparaître l'inconvénient des trépidations des automobiles à mélange tonnant, en obtenant des moteurs équilibrés. Il y a plusieurs systèmes qu'on a pu voir à l'Exposition des Tuileries; le moteur Rozer-Mazurier réalise également ce desideratum. En effet, il se compose de trois cylindres : deux cylindres latéraux dans lesquels une explosion a lieu à chaque tour, et un cylindre central, dans lequel se produit la détente; lorsque les pistons latéraux montent, le piston central descend; le moteur se trouve ainsi à peu près équilibré. Cet omnibus qui a longtemps fonctionné en faisant le service de la Porte Maillot à la Villa de l'Automobile-Club, constituait donc une tentative intéressante. Malheureusement, un déplorable accident, dû probablement à sa direction, l'a fait verser la veille de la fermeture du concours.

Il me reste à vous donner des renseignements sur les prix de revient.

Pour calculer ces prix de revient, nous avons partagé les dépenses en deux natures : les dépenses à peu près constantes, quelles que soient les charges de la voiture. L'entretien et les réparations ne rentrent pas, évidemment, dans cette sorte de dépenses, mais, faute de chiffres que seule peut donner une longue expérience, nous avons cru, M. le comte de Chasseloup-Laubat et moi, pouvoir les comprendre dans les dépenses fixes, en les comptant pour 10 ou 15 0/0 du capital d'achat.

En ce qui concerne le personnel, il faut, en sus du mécanicien, un chauffeur dans la voiture de Dion et Bouton pour la conduite du feu, malgré qu'il suffise de verser le combustible dans une trémie centrale, d'où il descend progressivement sur la grille. Au contraire, avec le chauffage au combustible liquide, les appareils sont disposés de manière que le mécanicien seul suffit. Donc, diminution de la dépense fixe afférente au personnel.

Après les dépenses d'allumage, de chiffons et de graissage, données par les constatations du concours, nous avons eu à tenir compte des frais généraux : nous les avons évalués à 10 0/0.

Nous arrivons ainsi, pour l'omnibus de Dion et Bouton, par exemple, dont le prix de vente est de 22000 *f* :

A 15,40 *f* pour intérêts et amortissement;
11 *f* pour le personnel ;
3,42 *f* pour allumage et graissage.

En 1897, il perdait énormément d'huile, et nous avions dû compter :

7,32 *f* pour l'allumage et le graissage.

Cette année, les frais généraux sont de 2,97 *f* ; l'année dernière ils étaient de 3,37 *f*.

Pour établir les dépenses variant avec les charges nous avons commencé par calculer la dépense en combustible et eau par tonne kilométrique brute et nous avons appliqué ce chiffre au poids total résultant de la charge utile, suivant qu'il y avait 1/3, ou 2/3 de charge, ou charge complète.

Dans ces conditions, la dépense journalière totale ressort à :

46,61 *f* pour 1/3 de charge;
48 *f* pour 2/3 ;
49 *f* pour la charge complète.

Pour en déduire le prix de la tonne kilométrique, il suffit de diviser ces trois nombres par le nombre de tonnes kilométriques utiles, dans la journée. Nous avons vu que l'omnibus de Dion et Bouton pouvait faire 140 *km* par jour ; ce qui correspond :

Pour 1/3 de charge, à 93 tonnes kilométriques utiles par jour, et pour le prix de revient à 0,500 *f* la tonne kilométrique utile ou 0,05 *f* par voyageur avec bagages compté pour 100 *kg* ;

Pour 2/3 de charge, à 186 tonnes kilométriques utiles, et pour le prix à 0,250 *f* la tonne kilométrique utile ou 0,025 *f* le voyageur avec bagages ;

Pour la charge complète correspondant à 280 tonnes kilométriques utiles, le prix n'est plus que 0,15 *f* la tonne ou 0,015 la place de voyageur avec bagages.

En 1897, les prix de revient, par suite de la moindre charge utile, étaient plus élevés. Ils étaient :

A 1/3 de charge, 0,089 *f* au lieu de 0,050;
A 2/3 de charge, 0,045 *f* au lieu de 0,025 *f*;
A charge complète, 0,030 *f* au lieu de 0,015 *f*.

En 1898, les prix de revient ont donc baissé sensiblement de moitié.

On a pu en même temps constater une tendance à augmenter le diamètre des roues. En 1897, les roues de l'omnibus de Dion avaient un diamètre de 80 *cm* à l'avant, et de 1 *m* à l'arrière. En 1898, la roue avant a 90 *cm* de diamètre, et la roue arrière 1,10 *m*.

En même temps qu'on a augmenté le diamètre des roues, on a élargi les bandages; ils ont maintenant 95 *mm* au lieu de 90 à l'avant, et 110 *mm* au lieu de 100 à l'arrière. Si cet élargissement peut présenter certains avantages en hiver, nous craignons qu'en été, au contraire, l'usure rapide des bandages trop larges n'en démontre bien vite les inconvénients.

Pour la Pauline des mêmes constructeurs, sa charge est de 2,400 *kg*. Le prix de revient est légèrement différent de celui de l'omnibus. Il est, en effet, par voyageur :

De 0,04 *f*, à 1/3 de charge;
De 0,022 *f*, à 2/3 de charge;
Il est sensiblement le même à charge complète : 0,015 *f*.

Dans l'omnibus Serpollet, le prix est un peu plus élevé; il est, par voyageur :

De 0,089 *f* à 1/3 de charge;
De 0,047 *f* à 2/3 de charge;
De 0,033 *f* à charge complète.

Cela tient à ce que la Compagnie du Gaz de Paris vend les huiles lourdes trop cher pour les calories que leur combustion produit.

Le Leyland a un prix de revient encore plus élevé, à raison d'une consommation plus considérable, résultant sans doute de l'emploi d'une chaudière tubulaire ordinaire. S'il employait une chaudière à petits tubes d'eau, il obtiendrait, peut-être, un rendement plus économique.

Avec les moteurs à mélange tonnant, employé pour le transport des voyageurs, nous voyons, que le prix de revient des intérêts et amortissement coûte moins cher.

Pour la voiture Panhard et Levassor, l'amortissement est de 12,60 *f*.

Au lieu d'avoir un mécanicien et un chauffeur, il n'y a plus qu'un mécanicien. Cela fait 8 *f* pour le personnel.

Il n'y a pas de dépenses spéciales pour l'allumage.

Pour le graissage et chiffons, nous avons 3,50 *f*. Les frais généraux sont un peu moindres.

Il reste, comme dépense constante, 26,51 *f*, quelle que soit la charge.

Mais, en revanche, le combustible consommé revient, en France, beaucoup plus cher, car le pétrole coûte, avec les droits de douane, plus que tout autre combustible; aussi la dépense journalière s'élevait-elle :

Pour 1897, à 47,04 *f*;

Pour 1898, à 39 *f*.

Cependant, le prix de la tonne kilométrique, qui était :

En 1897, de 0,045 *f*;

Est tombé, en 1898, à 0,033 *f* pour la charge complète, par suite de la diminution de puissance du moteur qui de 12 *ch*, en 1897, a été ramené à 8 *ch*, en 1898, sans inconvénients pour la vitesse moyenne générale.

Sans vouloir entrer dans le détail complet du mécanisme de transmission des voitures à moteur à mélange tonnant, nous ferons cependant remarquer que :

Dans l'omnibus Panhard et Levassor, la transmission de l'arbre moteur à l'arbre du différentiel se fait par engrenages et que l'arbre du différentiel est relié à la couronne de la roue motrice par une chaine ;

Dans le break Diétrich, au contraire, la transmission du moteur à l'arbre du différentiel se fait par courroie. Quant à la transmission de l'arbre du différentiel à la couronne de la roue motrice, elle est acatène, c'est-à-dire se fait par un arbre à la cardan qui porte à chaque extrémité une roue d'angle.

Comme le break Diétrich a une charge utile (1000 *kg*), identique à celle de l'omnibus Panhard et Levassor, il est intéressant de comparer les consommations d'un même combustible (essence) par tonne kilométrique :

1897 { Panhard. 0,147 *l*; Dietrich. 0,115 *l*. 1898 { Panhard. 0,109 *l*; Dietrich. 0,136 *l*.

Il est à noter qu'alors qu'en 1897, la force des moteurs était :

Panhard. . . . . 12 *ch*;
Dietrich. . . . . 6,5 *ch*.

En 1898, elle était de :

Panhard. . . . . 8 *ch*;
Dietrich. . . . . 9 *ch*.

Aussi, pour le breack de Dietrich, le prix de revient a été :

A 1/3 de charge, 0,106 *f*;
A 2/3 de charge, 0,045 *f*;
A charge entière, 0,034 *f*.

Passons maintenant à l'omnibus Rozer-Mazurier, qui consomme de l'essence ordinaire; malgré le bon marché de cette essence et sa faible consommation, le prix de revient est encore :

A 1/3 de charge, 0,105 *f*;
A 2/3 de charge, 0,052 *f*;
A charge entière, 0,037 *f*.

Ceci tient à sa faible vitesse commerciale, 9,54 *km*, qui réduit par trop le nombre de tonnes-kilomètres utiles par jour.

Tous ces prix de revient prouvent que pour les voyageurs, en somme, les transports en commun peuvent se faire d'une manière industrielle, c'est-à-dire avec avantage pour le public et bénéfice pour les capitalistes.

Au contraire, si nous considérons les transports de marchandises, nous trouvons qu'avec le camion à vapeur de Dion et Bouton la tonne kilométrique, en 1898, est revenue respectivement à 0,373 *f*; 0,200 *f*; 0,140 *f*, suivant que le véhicule circule à 1/3 ou à 2/3 de charge, ou à charge complète.

La Pauline de l'année dernière (1897) traînée par un tracteur de Dion et Bouton avec une charge utile de 2 400 *kg* pourrait, à la rigueur, être comparée au camion des mêmes constructeurs de 1898. Le prix de revient de la tonne kilométrique était de :

67 *f*; 0,34 *f* et 0,23 *f* à 1/2, 2/3 de charge et charge complète.

Cependant, en 1897, le transport en commun des marchandises avec le moteur à vapeur était plus particulièrement représenté par le train Scotte, avec lequel la tonne kilométrique revenait à 0,37 *f*; 0,29 et 0,20 *f*; à 1/3, 2/3 de charge et charge complète.

Le moteur à mélange tonnant paraît moins avantageux encore; malgré son faible poids mort, il donnait, pour une tonne kilométrique :

En 1897, 0,597 *f* à 1/3 de charge;
En 1898, il donne 0,673 *f;* 0,369 *f* à 2/3 de charge, au lieu de 0,322 *f* l'année précédente; et 0,268 *f* à charge complète, au lieu de 0,230 *f* l'année précédente.

Or, avec la traction animale, la tonne kilométrique coûte de 0,25 *f* à 0,30 *f*.

Il semble donc que, dans l'état de choses actuel, la traction mécanique sur routes ait de la peine à lutter, pour les marchandises, contre les chevaux, en ce qui concerne les charges ordinaires, c'est-à-dire celles que peuvent traîner cinq ou six boulonnais menés par un seul conducteur. L'automobilisme reprendrait l'avantage s'il s'agissait de charges indivisibles dépassant neuf à dix tonnes ou s'il y avait urgence à effectuer le transport avec une vitesse exceptionnelle supérieure à 4 *km*, que les moteurs animés sont incapables de fournir économiquement.

Aussi croyons-nous que les constructeurs auraient intérêt à moins se préoccuper d'atteindre une grande vitesse avec une charge relativement faible et devraient s'attacher, dans le concours de 1899, à transporter un poids plus élevé avec une vitesse d'environ 6 *km*. Le prix de revient en serait certainement notablement abaissé. La comparaison des prix de revient en 1897 et 1898 de la tonne en kilomètres avec les camions de Dietrich le ferait clairement ressortir.

Si nous aimons à espérer qu'au mois d'octobre 1899 les omnibus atteindront la vitesse moyenne commerciale de 15 *km* à l'heure, nous serions, au contraire, heureux d'avoir des camions à vapeur ou à mélange tonnant transportant trois ou quatre tonnes à la vitesse de 6 *km*. Dussions-nous, dans l'intérêt des commissaires, réduire leur parcours journalier à l'itinéraire B de 46,50 *km*.

Deuxième Concours des Voitures de Place automobiles de 1899.

Le deuxième Concours des voitures de place automobiles a eu lieu du 1er au 12 juin 1899 dans les mêmes conditions que le premier Concours de 1898; seulement on y a admis, avec une charge minimum de 500 *kg*, les voitures de livraison faisant un service urbain.

Comme en 1898, la Commission avait à recueillir tous les renseignements nécessaires pour établir le prix de revient de la journée de la voiture de place en tenant compte de l'énergie consommée, non seulement pour effectuer le transport des voyageurs, mais aussi pour se rendre du dépôt au lieu de travail, ainsi que pendant le stationnement ou la recherche du client.

Grâce à l'obligeance de notre Collègue M. Bixio, nous avons pu l'année dernière établir comme suit les prix de revient comparatifs de la voiture de place à traction mécanique et de la voiture de place à traction animale.

	CHEVAL		ESSENCE		ÉLECTRICITÉ	
	Fr.	Fr.	Fr.	Fr.	Fr.	Fr.
Dépenses d'administration et diverses . .	0,82		0,82		0,82	
Accidents et avaries.	0,34	3,58	0,34	3,16	0,34	3,16
Taxes et impôts	2,42		2,00		2,00	
Loyer des dépôts. Entretien des bâtiments.	1,02	1,02	0,30	0,30	0,51	0,51
Personnel. Cochers.	5,37	6,31	5,37	5,71	5,37	5,81
Personnel. Palefreniers, laveurs. . . .	0,94		0,34		0,44	
Matériel. Véhicule	2,67		2,00		2,00	
Matériel. Pneus	»	2,67	2,00	7,00	2,00	5,00
Matériel. Moteur et Transmission . .	»		3,00		1,00	
		13,58		16,27		14,48
Entretien des accumulateurs.	»	5,68	»		»	4,00
Énergie motrice	5,68		» (*)		» (*)	
		19,26				

(*) A déterminer d'après les résultats du Concours.

Il n'est parvenu à notre connaissance, depuis le Concours de 1898, aucun fait nouveau de nature à nous porter à modifier les éléments de ces prix de revient que nous appliquerons donc aux voitures du Concours de 1899.

En ce qui concerne les voitures de livraison, les éléments d'appréciation nous sont connus d'une manière moins précise ; cependant, en nous basant sur les renseignements qu'a bien voulu nous donner la Compagnie d'Orléans, ainsi que les directeurs des Grands Magasins du Louvre, du Printemps et du Bon Marché, nous croyons assez conformes à la réalité pour les adopter les prix de revient comparatifs suivants :

	Cheval.	Essence.	Électricité.
Frais généraux du service de factage des chemins de fer. . .	0,80*f*	0,80*f*	0,80*f*
Matériel — Intérêt et amortissement 10 0/0 .	0,36	2 »	2 »
Matériel — Entretien et grosses réparations 25 0/0.	0,90	5 »	3 »
Personnel	5 »	5 »	5 »
Énergie motrice	9,66 (1)	» » (2)	» (2)
Entretien des accumulateurs.	» »	» »	4 »
TOTAUX	16,72*f*	12,80*f*	14,80*f*

Les épreuves du Concours de 1899, ont comporté comme en 1898 :

1° Le 1er et le 12 juin, des essais de freinage et de consommation en palier et en rampe ;

2° Les 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9 et 10, des parcours d'environ 60 *km* sur les mêmes itinéraires.

En plus, le 1er juin nous avons procédé à la détermination pour chaque voiture de l'intervalle à ménager entre elle et les autres véhicules d'une file en station pour lui permettre d'en sortir facilement à la demande du client.

Comme l'année dernière, le parc de remisage était établi à l'usine Clément, sur le quai Michelet, à Levallois-Perret. Seulement, cette année, M. Clément a pu mettre à notre disposition non seulement une salle, mais aussi l'énergie électrique nécessaire pour la charge des accumulateurs, ce qui nous a débar-

(1) L'énorme différence qui existe entre la dépense de 2 *ch* de factage comptée 9,66 par les Compagnies de chemins de fer et celle de 3 *ch* 1/2 de fiacre évaluée seulement à 5,68 par la Compagnie Générale des Voitures de Paris s'explique facilement par l'économie que permet de réaliser le rationnement méthodique d'une cavalerie nombreuse.

(2) A déduire des constatations du Concours.

rassés des dépenses et dès sujétions de l'installation et du fonctionnement d'une usine électrique provisoire.

L'année dernière, figurait au concours comme représentant des moteurs à essence, un coupé Peugeot qui, conduit par un homme habile, a donné des résultats remarquables comme vitesse et régularité de marche, mais qui consommait 16 *l* d'essence pour les 60 *km* parcourus en moyenne chaque jour. Comme voitures électriques, le Concours de 1898 avait réuni un coupé Jenatzy, deux voitures Jeantaud : un cab, et un landaulet, et trois voitures Kriéger : un coupé, une victoria et un fiacre à 4 places, avec bagages.

Les voitures de chacun de ces constructeurs se caractérisaient par leur mode de transmission.

Le coupé Jenatzy comportait, comme un fiacre à essence, une variation mécanique de la vitesse et la transmission du pignon du différentiel à la roue motrice placée à l'arrière avait lieu par chaine.

Les voitures Jeantaud, également à transmission par chaine, n'avaient pas de variation de vitesse mécanique; la démultiplication était constante, et c'était en modifiant l'excitation de l'inducteur que l'on obtenait les variations de vitesses nécessaires de la roue motrice également placée à l'arrière.

Dans les voitures Kriéger, il n'y avait plus de transmission par chaine; le pignon monté sur l'axe de l'induit attaquait directement une couronne dentée calée sur l'essieu de la roue motrice placée à l'avant. Pour obtenir ce résultat M. Kriéger n'avait pas craint de placer le moteur directement sur le pivot autour duquel la roue motrice-directrice pouvait se déplacer. Ce système hardi a été sanctionné non seulement par les résultats du concours de 1898, mais aussi par la pratique d'un service régulier de plus d'une année dans Paris.

Cette année, le moteur à essence a encore pris part au Concours, mais il sortait des anciens établissements Panhard et Levassor. La consommation, au lieu de 16 *l*, a été réduite à 10 *l*; toutefois, au prix exorbitant où est l'essence à Paris, cette consommation entraine encore une dépense trop considérable.

Au point de vue de la vitesse, c'est le fiacre à moteur à essence qui, comme l'année dernière, a battu le record.

Cependant il ne faudrait pas opposer l'une à l'autre la vitesse de l'année dernière et celle de cette année, car, en 1898, où le règlement imposait 12 *km* à l'heure, nous avions obtenu à grand

peine de la Préfecture de Police d'aller à 15 *km* : cette année, le règlement nous autorisait à marcher à 20 *km* à l'heure. Par conséquent, on ne peut pas attribuer seulement à une amélioration des moteurs l'augmentation de vitesse constatée en 1899, car nous aurions sans doute, l'année dernière, obtenu la même vitesse, si les règlements l'avaient permis.

Si nous passons aux voitures électriques du concours de 1899, nous constatons que MM. Jeantaud et Kriéger n'ont rien changé à leur mode de transmission du moteur aux roues motrices.

M. Jenatzy, au contraire, a renoncé à la variation mécanique de vitesse et a adopté deux modes de transmission différents dans son coupé et dans sa voiture de livraison.

Pour le coupé, dont les roues motrices étaient munies de bandages élastiques, il y a deux moteurs qui, mobiles comme dans les tramways ordinaires, autour de l'essieu sont suspendus de l'autre côté à une lame flexible. L'axe de chaque induit porte un pignon qui, au lieu d'attaquer directement la couronne de la roue motrice comme chez Kriéger, agit sur un pignon intermédiaire.

Sur la voiture de livraison, dont les bandages des roues motrices sont en fer, M. Jenatzy a recours à une transmission par chaine et fixe son moteur au châssis suspendu.

On pourrait, de ces agissements de M. Jenatzy et de M. Kriéger, déduire une règle théorique : lorsqu'une voiture a des pneus, on peut monter le moteur sur l'essieu; lorsque les bandages sont en métal, il faut placer le moteur sur le châssis suspendu.

Dans le premier cas, on pourra relier par engrenages la roue motrice et l'axe de l'induit; dans le second, on devra interposer entre eux une tranmission déformable.

Pour vérifier par des résultats pratiques le bien fondé de cette règle théorique, nous avons à rapprocher l'une de l'autre les consommations d'énergie électrique des voitures à mode de transmission différent.

A cet égard, nous devons reconnaître que si la victoria Kriéger à peu près du même poids (1 700) que le coupé Jenatzy (1 760 *kg*) a consommé moins d'énergie électrique fournie à l'usine que ce dernier, le mylord Jeantaud qui pesait, il est vrai, un peu moins (1 450 *kg*), a consommé encore moins que la victoria.

Ce résultat peut tenir à ce qu'un moteur unique a un meilleur rendement que deux moteurs pour la même puissance.

CONSTATATIONS DU CONCOURS.

1° Poids. — Voitures de place à moteur électrique :

Le n° 1, coupé Jenatzy,	charge utile	140 *kg*,	pesait 1 760 *kg* ;
Le n° 5, cab Jeantaud,	—	140 *kg*,	— 1 470 *kg* ;
Le n° 6, coupé Jeantaud,	—	140 *kg*,	— 1 580 *kg* ;
Le n° 7, mylord Jeantaud,	—	140 *kg*,	— 1 450 *kg* ;
Le n° 15, drojky Jeantaud,	—	140 *kg*,	— 1 164 *kg* ;
Le n° 9, victoria Kriéger,	—	280 *kg*,	— 1 700 *kg*.

Voitures de place à essence :

Le n° 13, coupé Panhard et Levassor,		140 *kg*,	— 1 300 *kg* ;

Voitures de livraison à moteur électrique :

Le n° 4, voiture Jenatzy,	—	1 500 *kg*,	— 6 500 *kg* ;
Le n° 8, voiture Mildé,	—	500 *kg*,	— 3 300 *kg*.

Voiture de livraison à moteur à essence :

Le n° 14, Panhard et Levassor,	—	500 *kg* (1),	— 2 170 *kg*.

2° Vitesse. — En ce qui concerne les voitures de place, nous considérerons d'abord la vitesse moyenne générale, de Porte-Maillot à Porte-Maillot. L'année dernière, sur les 3 *km* de voie extra-muros en palier séparant l'usine Clément de la Porte-Maillot, les voitures marchaient à la vitesse de 20 *km* ; par conséquent, la moyenne générale peut, de ce fait, être moins grande en 1899.

La vitesse du coupé Jenatzy n° 1 a été de 13,69 *km* ; l'année dernière, elle était de 14,24 *km*.

Mais, les 13,69 *km* de 1899 s'appliquent à une voiture dirigée par un conducteur un peu novice, tandis que le coupé de 1898 était conduit par M. Jenatzy lui-même.

Pour le cab n° 5, la vitesse correspond très sensiblement à celle de l'année dernière ; elle est de 14,76 *km* ;

Pour le coupé n° 6, elle a été de		13,72 *km* ;
Pour le mylord n° 7,	—	16,64 *km* ;
Pour le drojky n° 15,	—	15,69 *km* ;
Pour la victoria n° 9,	—	17,09 *km* ;
Pour le coupé n° 13 (à moteur à essence),	—	19 *km*.

(1) Cette voiture aurait dû porter 500 *kg* de charge utile, mais, par suite du trop grand diamètre du pignon de l'arbre du différentiel, il a fallu le réduire à 300 *kg* pour pouvoir grimper au Sacré-Cœur.

Maintenant, considérons la vitesse moyenne dans les voies très larges où la circulation ne subissait aucune cause de ralentissement pour marche prudente, au contraire des rues étroites, coupées de rues transversales où les piétons et voitures peuvent déboucher inopinément sans que l'automobile puisse compter faire un crochet pour les éviter.

Comme voie où l'on pouvait aller à grande vitesse et en pente, nous avons la descente depuis la place de l'Étoile jusqu'à la place de la Concorde :

Voitures de place :

Le n° 1 y a fait 20 *km* à l'heure ;
Le n° 5 — 22 *km* —
Le n° 6 — 21 *km* —
Le n° 7 — 22,8 *km* —
Le n° 15 — 24 *km* —
Le n° 9 — 21 *km* —
Le n° 13 — 22 *km* —

Voitures de livraison :

Le n° 4 — 17 *km* —
Le n° 8 — 16,5 *km* —
Le n° 14 — 18,8 *km* —

Si nous considérons la même voie, à la montée, nous constatons que :

Voitures de place :

Le n° 1 qui descendait à 20 *km* montait à 14 *km* ;
Le n° 5 — 22 *km* — 16 *km* ;
Le n° 6 — 21 *km* — 17 *km* ;
Le n° 7 — 22,8 *km* — 15 *km* ;
Le n° 15 — 24 *km* — 14,6 *km* ;
Le n° 9 — 21 *km* — 18,8 *km* ;
Le n° 13 — 22 *km* — 22 *km*.

Voitures de livraison :

Le n° 4 — 17 *km* — 11,2 *km* ;
Le n° 8 — 16,5 *km* — 11,5 *km* ;
Le n° 14 — 18,8 *km* — 14 *km*.

Pour avoir la vitesse moyenne sur une voie large en palier, prenons le boulevard Voltaire entre la place de la Nation et la place de la République. Les vitesses moyennes constatées ont été:

17 *km* à l'heure pour le n° 1;
19,6 *km* — — n° 5;
20 *km* — — n° 6;
19,5 *km* — — n° 7;
20 *km* — — n° 15;
22 *km* — — n° 9;
21,6 *km* — — n° 13.

Voitures de livraison :

15,5 *km* à l'heure pour le n° 4;
14,4 *km* — — n° 8;
18,5 *km* — — n° 14.

Il est évident que les voitures ne peuvent pas atteindre une pareille vitesse dans les rues encombrées, comme, par exemple, la rue Saint-Honoré, la rue de Rivoli ou les grands boulevards.

Les vitesses, sur ces voies, sont, en effet, tombées à :

Voitures de place :

9 et 12 *km* à l'heure pour le n° 1;
12 et 13 *km* — — n° 5;
13 et 14,7 *km* — — n° 6;
14 et 13,5 *km* — — n° 7;
13,5 et 13 *km* — — n° 15;
13 et 13,8 *km* — — n° 9;
14,6 et 14,7 *km* — — n° 13.

Voitures de livraison :

10 et 11,5 *km* — — n° 4;
10 et 11,9 *km* — — n° 8;
11,7 et 13,6 *km* — — n° 14.

Ces résultats vous prouveront, Messieurs, que l'on aurait tort de s'effrayer de la vitesse maximum de 20 *km* permise à des conducteurs qui savent si bien, malgré les entraînements d'un concours, se plier aux nécessités de la circulation.

Maintenant, pour nous rendre compte de la puissance des différents moteurs, considérons les vitesses moyennes dans les

voies à fortes déclivités ascendantes, comme entre la rue Blanche et le Sacré-Cœur.

Les vitesses moyennes ont été de :

Voitures de place :

8,6 *km*	à l'heure	pour le	n° 1 ;
9,1	—	—	n° 5 ;
10,6	—	—	n° 6 ;
11	—	—	n° 7 ;
9,7	—	—	n° 15 ;
8,3	—	—	n° 9 ;
8,6	—	—	n° 13.

Voitures de livraison :

6,2 *km*	à l'heure	pour le n° 4 ;
7	—	n° 8 ;
7,2	—	n° 14.

Vous voyez que dans de pareilles rampes le moteur électrique à puissance variable reprend l'avantage sur le moteur à essence à puissance sensiblement constante.

3° *Prix de revient.* — Plus que la vitesse, ce qui importe dans une entreprise de transport public, c'est le prix de revient.

Voyons donc ce que les voitures électriques ont consommé d'énergie motrice par voiture-journée :

Voici d'abord le relevé des compteurs de l'usine de charge qui donne, pour chaque voiture, le total en kilowatts-heure de l'énergie fournie depuis l'origine du concours et la consommation d'énergie afférente à chaque jour.

TABLEAU 5.

Consommations relevées au compteur

NUMÉROS	VÉHICULES	2 JUIN Itinéraire A		3 JUIN Itinéraire B		4 JUIN Itinéraire C		5 JUIN Itinéraire A		6 JUIN Itinéraire B		7 JUIN Itinéraire C		8 JUIN Itinéraire A		9 JUIN Itinéraire B		10 JUIN Itinéraire C	
		Compteur	Consommation	Compteur	Consommation	Compteur	Consommation	Compteur	Consommation	Compteur	Consommation	Compteur	Consommation	Compteur	Consommation	Compteur	Consommation	Compteur	Consommation
1	**Coupé Jenatzy**	126	111	237	114	351	132	483	134	617	129	746	132	878	122	1 000	120	1 120	»
2	**Victoria Jenatzy**	0	188	188	103	291	208	499	158	657	»	657	»	657	»	657	»	657	»
4	**Livraison Jenatzy** (1)	0	178	178	174	352	185	537	108	645	199	844	177	1 021	163	1 184	167	1 351	»
		0	248/426	248	209/383	457	202/387	659	191/299	850	199/398	1 049	211/388	1 260	177/340	1 437	183/356	1 620	»
5	**Cab Jeantaud**	100	109	209	114	323	105	428	109	537	109	646	127	773	123	896	106	1 002	»
6	**Coupé Jeantaud**	124	128	252	138	390	122	512	120	632	117	749	113	862	131	993	121	1 114	»
7	**Mylord Jeantaud**	86	94	180	91	271	99	370	90	460	98	558	102	660	97	757	103	860	»
8	**Livraison Mildé**	162	203	365	203	568	200	768	178	946	176	1 122	185	1 307	185	1 492	175	1 667	»
9	**Victoria Kriéger**	82	111	193	125	318	116	434	115	549	121	670	113	783	123	906	109	1 015	»
15	**Drojky Jeantaud**	98	77	175	82	257	81	338	75	413	76	489	87	576	77	653	77	730	»

(1) La voiture de livraison Jenatzy était alimentée par deux compteurs, la consommation journalière s'obtient donc par l'addition des indications de ces deux compteurs.

Il s'ensuit que les quantités d'énergie fournies aux accumulateurs à l'usine ont été en moyenne pour :

Pour le	n° 1,	pesant 1 760 *kg.* . . .	12,4 *kwh*	par journée;
—	n° 5,	— 1 470 *kg.* . . .	11,2	—
—	n° 6,	— 1 580 *kg.* . . .	12,2	—
—	n° 7,	— 1 450 *kg.* . . .	9,76	—
—	n° 15,	— 1 164 *kg.* . . .	8	—
—	n° 9,	— 1 700 *kg.* . . .	11,5	—

L'année dernière, les chiffres correspondants étaient, pour la voiture-journée :

13,26	watts-heure	pour l'analogue du	n° 1;
10,07	—	—	n° 5;
12,16	—	—	n° 6;
11,33	—	—	n° 9.

Il s'ensuit que la transmission par chaîne des numéros 5, 6, 7 et 15 ne donne pas de si mauvais rendements que beaucoup affectent de le craindre.

Le 7 et le 15 n'avaient pas d'analogues au concours de l'année dernière. Le 15 y avait bien figuré; mais son conducteur l'avait si malmené qu'on avait dû le retirer du concours.

Cette année, bien que les itinéraires fussent les mêmes, le nombre de kilomètres a été un peu plus grand, à raison des détours à faire pour éviter les travaux en cours dans les rues où nous devions passer; comme il y a eu une diminution d'énergie consommée, on peut dire qu'il y a eu une amélioration, qui se traduit par une économie. Toutefois, il ne faut pas perdre de vue que le temps a été bien plus favorable en 1899 qu'en 1898.

C'est à la consommation de la voiture-journée que nous devons attacher le plus d'importance puisque dans l'industrie des voitures de place, le propriétaire la loue au cocher à tant par jour.

Cependant la consommation par voiture-kilomètre peut être utile à connaître pour permettre au cocher de savoir s'il peut accepter une course déterminée avant de rentrer au dépôt.

Du reste, cette consommation est facile à déduire de la première en la divisant par 62, nombre moyen de kilomètres parcourus chaque jour pendant le concours. Nous obtenons ainsi :

Pour la consommation moyenne par voiture-kilomètre pendant le concours 1899 :

200	watts-heure	pour le	n° 1;
183,6	—	—	n° 5;
200	—	—	n° 6;
185,5	—	—	n° 7;
131	—	—	n° 15;
190	—	—	n° 9.

Si on admet, pour les accumulateurs Fulmen à l'état presque neuf dont toutes ces voitures étaient munies, un rendement en énergie de 0,75, on peut en déduire que les consommations en service des moteurs ont été à peu près, pour la voiture-kilomètre, de :

150	watts-heure	pour le	n° 1;
137	—	—	n° 5;
150	—	—	n° 6;
119	—	—	n° 7;
98,25	—	—	n° 15;
142,5	—	—	n° 9.

La consommation par tonne-kilomètre serait un renseignement intéressant non pas peut-être pour le capitaliste voulant organiser un service de voitures de place, mais pour le théoricien désirant se rendre compte du rendement du moteur.

Il semblerait, au premier abord, facile de le déduire des consommations par voiture-kilomètre ci-dessus en les divisant par le poids de la voiture correspondante exprimé en tonnes; en procédant ainsi, on obtiendrait :

85,2	watts-heure	pour le	n° 1;
92,2	—	—	n° 5;
94,9	—	—	n° 6;
82,0	—	—	n° 7;
84,4	—	—	n° 15;
83,8	—	—	n° 9.

Ces chiffres ne seraient pas comparables entre eux, non seulement parce qu'ils s'appliqueraient à des véhicules ayant eu des vitesses moyennes différentes, mais surtout parce que les consommations journalières pendant la circulation sur les itinéraires dépend de l'habileté du conducteur, du soin qu'il apporte

à éviter des arrêts inutiles et les démarrages fréquents qu'ils entrainent.

Pour obtenir ce renseignement, il faut faire, avec soin, des essais spéciaux de consommation en palier à diverses vitesses sur une excellente chaussée macadamisée.

Ces constatations semblent, en théorie, très faciles à faire; en réalité, elles sont assez difficiles à réussir, même avec des appareils de mesure apériodiques et avec des commissaires aussi habiles et aussi soigneux que ceux qui ont bien voulu nous prêter leur concours pour relever les variations des ampèremètres et voltmètres. Certains commissaires, il est vrai, ont accusé les concurrents de toute une série de malices : les uns, au moment où le commissaire se penchait pour lire sur l'instrument, donnaient un coup de barre; d'autres, — il était convenu qu'on devait relever les indications des instruments de mesure au droit des bornes hectométriques, — se plaçaient sur l'axe de la chaussée, et, quand on approchait de la borne, descendaient vers l'accotement.

On ne doit donc attacher qu'une valeur très relative aux renseignements suivants sur la consommation par tonne-kilomètre fournis par les commissaires.

Voitures de place :

N° 1. .	De 60 à 77,7	watts-heure	pour vitesses variant de	13 à 25 *km* à l'heure.
N° 5. .	De 76 à 86	—	—	15,8 à 20 *km* —
N° 6. .	De 70 à 86	—	—	9,2 à 24 *km* —
N° 7. .	De 65 à 100	—	—	10 à 24 *km* —
N° 15. .	De 84	—	—	17 à 26 *km* —
N° 9. .	De 65,5 à 88	—	—	8,9 à 23,66 *km* —

Voitures de livraison :

N° 4. .	De 40 à 58,6	watts-heure	pour vitesses variant de	10,2 à 23,3 *km* à l'heure.
N° 8. .	De 60 à 70	—	—	7,4 à 21,2 *km* —

Tous les résultats sont meilleurs que ceux de l'année dernière; nous avons donc le droit de conclure que les chiffres que nous avons trouvés l'année dernière pour le prix de la journée sont encore très sensiblement valables pour cette année.

	Poids total.	Dépense moins l'énergie motrice.	Dépense de l'énergie motrice.	Totaux.
		Voitures de place :		
Coupé n° 1	1 760	18,48	1,67	20,15
Cab n° 5.	1 470	18,48	1,20	19,68
Coupé n° 6	1 580	18,48	1,67	20,15
Mylord n° 7.	1 450	18,48	1,05	19,53
Drojka n° 15	1 164	18,48	0,90	19,38
Victoria n° 9	1 700	18,48	1,20	19,68
Coupé n° 13.	1 300	16,38	6,90	23,28
		Voitures de livraison :		
Voiture n° 4	6 500	14,80	5,01	19,81
Voiture n° 8	3 300	14,80	3,34	18,14
Voiture n° 14.	2 170	12,80	8,00	20,80

Un fait intéressant nous semble se dégager de ce tableau, c'est que le coût de l'énergie électrique consommée par une voiture de place-journée varie de 0,90 *f* à 1,20 *f* alors que le poids total varie de 1 164 *kg* (drojky n° 15) à 1 700 *kg* (victoria n° 9).

Une augmentation de poids total de près de 50 0/0 n'influe donc que d'une manière insignifiante, 0,30 *f*, sur la dépense journalière.

L'augmentation relative est encore plus négligeable à raison de la dépense constante (18,48 *f*), indépendante de l'énergie motrice. Il semble, dès lors, non seulement qu'il n'y a pas grand intérêt à chercher à diminuer outre mesure le poids des accumulateurs, mais, au contraire, qu'il sera peut-être plus économique d'adopter des accumulateurs plus lourds qui, travaillant à un régime de décharge spécifique plus bas, coûteront moins d'entretien.

La seule question est de savoir si l'économie réalisée sur l'entretien des accumulateurs plus lourds sera plus grande ou inférieure à l'augmentation des frais d'entretien des bandages élastiques d'une voiture plus pesante.

Bien que les concurrents aient été les mêmes que l'année dernière, vous voyez, Messieurs, que les résultats donnés par le Concours de 1899 n'en sont pas moins des plus intéressants.

Nous comptons recueillir des chiffres encore plus avantageux dans le concours international de 1900 qui comprendra, nous l'espérons, toutes les voitures susceptibles d'un service urbain : voitures de maitre, voitures de place, voitures de livraison ou de factage et omnibus de chemins de fer.

A PROPOS DES TRANSPORTS PAR EAU

ENTRE LE NORD ET PARIS

PAR

M. A. DE BOVET

Produire une marchandise quelconque n'est pas tout, il faut encore l'apporter aux points où elle peut être vendue : cela ne va pas d'ordinaire sans grever de façon sérieuse le prix de revient final et rien, par conséquent, ne saurait être indifférent de ce qui peut amener une diminution dans les frais de transports.

Ceux-ci dépendent évidemment, pour beaucoup, des moyens qui sont employés à la réalisation matérielle de l'opération du transport et qui sont d'ordre purement technique; mais ils dépendent, dans bien des cas, d'autres causes encore, comme par exemple d'une bonne ou d'une mauvaise organisation commerciale ou économique d'où dépend à son tour une bonne ou une mauvaise utilisation du matériel et de la voie.

Prise dans son ensemble, la question peut donc être très complexe, et il est des circonstances où l'influence de l'ingénieur vient à s'exercer sur tel de ses éléments qui, *a priori*, semblait devoir échapper à son domaine propre.

C'est sur un de ces cas qu'il m'a paru intéressant d'appeler l'attention de la Société des Ingénieurs Civils.

I

La grande industrie minière de notre région du Nord et du Pas-de-Calais écoule ses produits dans le pays, partie par les voies navigables, partie par les voies ferrées. C'est des premières que je voudrais m'occuper, considérant plus spécialement ce qui se passe dans la direction commerciale de beaucoup la plus importante pour les matières considérées, celle du Nord sur Paris.

La voie à suivre comprend, à partir de Paris :

1° La Seine, de Paris à Conflans;
2° L'Oise, de Conflans à Janville;
3° Le canal latéral à l'Oise, de Janville à Chauny ;
4° Le canal de Saint-Quentin, de Chauny à Cambrai
5° L'Escaut, de Cambrai à Étrun.

A partir d'Étrun, on rejoint:

La région du Nord, toujours par l'Escaut;
Celle du Pas-de-Calais, par le canal de la Sensée, la Scarpe, les canaux de la Deûle et d'Aire.

La distance de Paris à Étrun est de 316 *km*. De là à Anzin, dans une des deux directions indiquées ci-dessus, il reste 12 *km*, et dans l'autre, jusqu'à Pont-à-Vendin, rivage des mines de Lens, il y a 51 *km*.

Comme c'est de ce dernier point, avec des différences en plus ou en moins selon les variations de distance, que se règlent les prix du fret par eau, c'est celui que nous retiendrons; il correspond à un parcours total de 367 *km*. Par chemin de fer, de Lens à Paris, la distance est de 212 *km*.

La ligne que nous venons d'indiquer est, parmi toutes nos voies navigables françaises, celle dont le trafic est le plus chargé. Sur une partie du canal de Saint-Quentin, il a atteint, en 1897, 4 987 000 *t*. Dans ce gros trafic, la part de beaucoup la plus importante appartient à la houille, qui, sur l'Oise et les canaux (1) représente plus de 60 0/0, si on considère les marchandises circulant dans les deux sens, et plus de 80 0/0, si on considère seulement les transports dans la direction du Nord sur Paris.

Cette importance relative des transports de houille du Nord vers Paris est telle que c'est nécessairement sur les conditions dans lesquelles ils s'exécutent que se règlent les prix du fret par eau pour la direction considérée.

Ces transports s'effectuent dans des péniches du port de 280 à 290 *t* en moyenne, de grandeur et de formes établies de façon à utiliser aussi complètement que possible les dimensions des écluses. En valeur absolue, ils atteignent annuellement 6 millions de tonnes, les expéditions par voie ferrée, pour le même temps, pouvant être estimées à 12 millions de tonnes.

(1) Sur la Seine, entre Conflans et Paris, la proportion se trouve modifiée par la circulation des marchandises en provenance ou à destination de Rouen.

Or, pour en venir au point essentiel qui en la matière est en définitive, le coût de l'opération, nous constatons que :

1° Par voie de fer et par rame d'au moins dix wagons dans les conditions qui correspondent à l'application des tarifs les plus réduits, la tonne de charbon est apportée du Pas-de-Calais à Paris pour 6,70 *f*;

2° Par bateau, le prix, variable selon les saisons et l'état des eaux, oscille entre 5 et 7 *f*, et a été en moyenne de 5,50 *f* pendant ces dernières années (il est actuellement bien au-dessus de cette moyenne).

C'est-à-dire qu'il arrive à être, par moments, plus élevé que le coût du transport sur rails et qu'il n'est, en somme, que très peu inférieur à ce dernier.

Si le prix du chemin de fer est aussi bas, cela est dû évidemment à la concurrence de la navigation, et c'est par là que se justifient pour partie les dépenses faites par l'État pour la création et l'entretien des voies navigables. Mais il n'y en a pas moins, dans le fait que les prix demandés par la marine restent si voisins de ceux du chemin de fer, une anomalie dont il vaut la peine de rechercher les causes.

II

Nous ne méconnaîtrons pas qu'il peut y avoir quelque profit à attendre de l'amélioration d'une partie au moins de la voie elle-même, peut-être aussi des moyens de traction qui y sont employés.

Il faut déclarer cependant que, telle qu'elle est actuellement, cette voie est déjà fort remarquable, et reconnaître que, si elle ne rend pas encore tous les services qu'on pourrait d'ores et déjà en attendre, la faute principale n'en doit pas être imputée à elle-même mais bien à ceux qui l'utilisent. Auxquels surtout parmi ceux-là? C'est justement ce que je prétends rechercher.

Et, puisqu'il vient d'être parlé des améliorations possibles de la voie, disons-en un mot tout de suite, qui nous permettra de juger à peu près de leur influence possible sur le prix de revient du transport.

Nous laisserons de côté la question des dimensions des écluses. On peut regretter qu'elles n'aient pas été choisies plus grandes, mais enfin ce sont celles qui ont été prises pour base de l'unification des dimensions des ouvrages du réseau français. Ce tra-

vail considérable est encore en cours; on ne peut donc que renvoyer à un avenir lointain la question de savoir s'il les faut modifier et ne se préoccuper, pour l'instant, que de les utiliser au mieux, telles qu'elles sont, ce qui ne laisserait pas de permettre déjà d'obtenir des résultats fort appréciables.

La Seine, au point de vue de la navigation spéciale dont il est question, ne laisse rien à désirer. Nous en dirons autant de l'Oise, quand, dans un avenir très prochain, l'achèvement des barrages en cours de construction permettra d'utiliser complètement les grandes écluses qui partout ont déjà remplacé les petites écluses anciennes et rendra possible, en temps de hautes eaux, de gagner au moins un jour sur le trajet de Janville à Conflans en conduisant, à ces moments-là, les convois en plein chenal.

Il n'en va plus de même sur le canal de Saint-Quentin. En 1878, cette voie débitait 2 millions de tonnes et était généralement considérée comme à sa limite de capacité. En 1896, elle a débité 4 400 000 *t* entre Cambrai et Fargniers (jonction du canal de la Sambre à l'Oise) et 4 800 000 *t* entre Fargniers et Chauny. C'est presque exclusivement une voie de transit, où, par conséquent, les nécessités du chargement et du déchargement ne risquent pas de provoquer des encombrements en obligeant les bateaux à s'arrêter : dans ces conditions, les résultats que nous venons d'indiquer ont pu être obtenus par l'action d'un Ingénieur très dévoué à son service et tellement énergique dans l'emploi de ses pouvoirs de police, que les mariniers contraints à marcher, jour et nuit, sans arrêts possibles, ont baptisé ce parcours « la vallée de Cayenne ». Mais, si le chiffre de 1876 a pu être doublé une première fois, ce qui correspond au passage à chaque écluse de 60 à 80 bateaux par jour, il n'en faudrait pas conclure que la même opération puisse être répétée, si rien n'est changé à la voie. Le remède, du reste, est tout indiqué : c'est le doublement des écluses. L'opération est commencée; il est permis de compter que dans trois ou quatre ans elle sera terminée. Le chemin de halage sera en même temps établi sur les deux côtés du canal, ce qui facilitera considérablement les croisements de bateaux. De nouveaux garages permettront de doubler le nombre des convois de touage, dans le bief de partage, et, tout cela fait, le tonnage actuel pourra être accru de 100 0/0, sans que du reste il doive résulter de ces travaux une économie sensible sur la durée du parcours.

D'Étrun aux rivages des mines du Pas-de-Calais, il reste de 45 à 50 *km* avec seulement 7 à 8 écluses selon le point d'embarquement, alors que sur les 93 *km* du canal de Saint-Quentin il y en a 35. Le doublement en est aussi commencé, qui permettra de faire face à l'accroissement de trafic dont la voie est susceptible. Mais, ici, une nouvelle difficulté apparaît, déjà sur la Sensée, qui cependant est elle aussi surtout une voie de transit, mais surtout sur la Deûle, où les points de chargement sont nombreux. C'est l'encombrement résultant de la présence des innombrables bateaux qui attendent leur tour de charger, encombrement dont il est difficile de se faire quelque idée, si on ne l'a pas vu, et qui rend, par moments, singulièrement précaires les conditions de navigabilité de ces voies, tellement qu'à de certaines époques les bateaux arrivent à ne faire péniblement que 5 à 6 *km* par jour !

En résumé, la voie elle-même peut être considérée comme étant d'ores et déjà très bonne, et les améliorations dont elle a un besoin immédiat sont en cours d'exécution.

III

A la prendre telle qu'elle est, dans quelles conditions peut-elle être parcourue ?

Au départ, la distance de Pont-à-Vendin à Étrun devait être parcourue en deux jours ; en pratique, il en va tout autrement. A raison de l'encombrement que nous venons de signaler et des défectuosités du service de halage, les bateaux mettent jusqu'à 8 jours, et il ne sera que raisonnable de compter en moyenne 4 à 5 jours.

Les prix sur la Deûle, où le halage est libre, sont en moyenne, par tonne kilométrique de . . . . . 0,0038 *f*
Sur la dérivation de Douai, ils sont de . . . . . 0,0026 *f*
Sur la Sensée, 1re section, — . . . . . 0,0025 *f*
Sur la Sensée, 2e — — . . . . . 0,0016 *f*

Ces trois derniers prix sont fermes, correspondant à des sections où le halage est concédé ; ils sont remarquablement bas ; par contre, des mariniers souvent se plaignent de manquer de chevaux et de subir, de ce fait, d'assez longs retards.

Cela fait, pour le parcours total, par tonne . . . 0,1196 *f*

D'Étrun à Chauny, le halage est concédé, sauf dans le bief de

partage du canal de Saint-Quentin, où les bateaux sont trainés en convois par un service de touage dirigé par l'administration des Ponts et Chaussées. Les prix de halage sont plus élevés que sur la Sensée, mais le service des haleurs est assuré avec une très grande régularité.

Selon les sections, ces prix sont de :

0,00319 *f*, 0,00323 *f*, 0,00234 *f*, 0,00245 *f*.

Le prix du touage est de 0,00200 par tonne kilométrique. Par application de ces prix, le coût de traction est, pour tout le parcours considéré et par tonne, de . . . . . 0,264 *f*

La durée du parcours est de 6 à 7 jours.

De Chauny à Janville, par halage, auquel sera prochainement substitué le touage, on peut compter 2 jours, temps perdu compris.

De Janville à Paris, en moyennne, 4 à 5 jours.

Les prix pour remorquage et touage, sur la Seine et sur l'Oise, varient suivant la saison et l'état des eaux. En admettant que, sur quatre voyages par an, un marinier en fasse un au tarif plein d'hiver, deux au tarif plein d'été, et un au tarif réduit des périodes de très basses eaux, le prix moyen, section de Chauny à Janville comprise, ressort à 0,0034 *f* par tonne kilométrique et, par conséquent, par tonne, pour tout le parcours. à. . 0,716 *f*

Soit, pour un voyage du Nord vers Paris. une durée moyenne de 18 jours;

Et une dépense, pour frais de traction seulement, et pour un bateau de 280 *t*, de :

sur les canaux	110,88 *f*
sur les rivières	200,65 *f*
TOTAL.	311,53 *f*

Supposons que le retour se fasse à vide : c'est le cas quatre fois sur cinq, celui du reste qui correspond au maximum de frais. En restant dans l'hypothèse ci-dessus, le marinier aura à payer

de Paris à Chauny	110 *f*
De Chauny aux rivages des mines, au maximum. .	60 *f*
TOTAL.	170 *f*

On peut admettre qu'il aille un peu plus vite; disons qu'il fera le voyage en 17 jours, toujours en comptant 4 à 5 journées pour aller d'Étrun à l'extrémité de son parcours.

Sur ces prix et durées que peut-on espérer gagner du fait de l'amélioration de la voie et des moyens de traction, par exemple si on arrive quelque jour à la substitution de la traction mécanique au halage sur les canaux?

Pour la durée, à raison de l'achèvement des travaux de l'Oise, de l'achèvement ultérieur de ceux qui vont être entrepris sur le canal de Saint-Quentin, il y aura évidemment quelque avantage. Nous compterons largement sans doute en l'estimant, sur le voyage total à *4 jours*.

Mais du fait de la disparition des encombrements de la Deûle et de la Sensée on pourrait, en l'état actuel, gagner d'ores et déjà, sur le voyage total, *6 jours*.

Quant aux frais de traction, si on veut se reporter aux indications qui précèdent sur les prix unitaires, force est de convenir qu'ils sont déjà singulièrement bas et arrivés au voisinage de la limite où une diminution, même relativement sérieuse, ne peut plus en valeur absolue se traduire par de bien gros chiffres. Évaluer ce qu'elle pourrait être dans l'avenir, serait actuellement bien difficile.

Ajoutons enfin que les usages commerciaux existants accordent au destinataire 15 jours pour décharger une péniche, de sorte que la durée totale d'un voyage peut être évaluée à 50 jours, déchargement compris, mais non compris le temps de chargement sur lequel nous allons avoir à insister.

IV

En fait, en l'état actuel, un marinier travaillant bien arrivait à faire, en dehors de quelques cas particuliers, quatre voyages par an, soit un total de 3100 *km*. Cette indication se rapporte aux dernières années; pour l'année présente il s'en faudra de beaucoup que le nombre de 4 voyages soit atteint; c'est du reste à ce nombre de 4 voyages que se rapporte le prix moyen de 5,50 *f* indiqué plus haut.

Nous ne rapprocherons pas le chiffre ci-dessus de celui de 10 à 12000 *km* que font aux Etats-Unis les bateaux de navigation intérieure; les voies sont trop différentes, les parcours totaux de trop inégale longueur pour qu'une pareille comparaison ait une signification précise. Il n'en est pas moins vrai que 3000 *km* c'est bien peu de chose.

Nous venons de voir que la durée d'un voyage peut être estimée

à 50 jours, soit pour 4 voyages 200 jours : sur 320 jours utiles en moyenne, il en reste 120 et cela représente par voyage 30 jours affectés au chargement du bateau. Si on considère que les moyens dont on dispose aux rivages des mines permettent l'opération matérielle de chargement d'une péniche en quelques heures, la conclusion à laquelle nous venons d'être conduits peut sembler absurde : en fait, elle est plutôt au-dessous de la vérité, et il arrive constamment qu'un bateau, une fois affrété, attende davantage son chargement; actuellement il faudrait compter 40 à 50 jours.

On conçoit facilement que ce sont justement ces attentes indéfinies qui, par contre-coup, provoquent sur les voies voisines des rivages des mines les accumulations de bateaux qui gênent si fâcheusement la circulation et qu'au contraire un chargement rapide aurait pour résultat d'économiser une partie du temps perdu en attente, une partie du temps perdu en route, et de permettre par conséquent au marinier de faire dans une année un plus grand nombre de voyages.

En principe — c'est un principe rappelé dans des jugements rares encore en France, mais nombreux dans une région voisine — le chargement d'un bateau devrait être opéré en 10 jours. Supposons que l'on en puisse venir à son application stricte; par contre-coup, les encombrements signalés disparaîtraient, la durée d'un voyage (toutes autres choses restant en l'état actuel) tomberait à 44 jours; 54 chargement compris; 51 si la durée du déchargement étant diminuée un peu et ramenée, disons à 12 jours ce qui serait désirable et croyons-nous facile, quoique les destinataires éparpillés un peu partout au long des voies ne disposent pas pour cette opération des organisations puissantes créées par les mines pour le chargement.

De 4 voyages on passerait très facilement alors à 6.

A 4 voyages, les prix de traction représentent, comme nous l'avons vu : $312 \times 4 = 1\,248$ *f* . . . . . 1 248 *f*

A quoi il faut ajouter des frais proportionnels au nombre des voyages — affrètement et pilotage — qu'on peut évaluer à 120 *f* par voyage, soit pour 4. 480

et des frais fixes, assurances etc. 200

AU TOTAL . . . . 1 928 *f*

Le transport de 1 120 *t* à 5,50 *f* en moyenne, produit. 6 160 *f*

il reste donc 4 232 *f*, sur lesquels le marinier doit payer l'entre-

tien et l'amortissement de sa péniche et de ses agrès et son existence propre.

Si au lieu de 4 voyages il en faisait 6,

Ses dépenses seraient :

Pour traction	1 872 *f*
Pour affrètement et pilotage en comptant comme ci-dessus	720
et pour les assurances	200
SOIT AU TOTAL	2792 *f*

Le transport porterait sur 1 680 *t* et laisserait alors, avec un fret de 4,25 *f*, un bénéfice un peu supérieur à celui que donne maintenant le fret de 5,50 *f*.

Ce résultat, légitime parce que le marinier travaillerait davantage, devrait encore être amélioré par la diminution possible des frais d'affrètement.

Ils ont été comptés ci-dessus à 120 *f* par voyage, soit 60 *f* pour affrètement et 60 *f* pour pilotage sur les parties du parcours qui sont en rivière. Ces prix correspondent bien à la moyenne actuellement pratiquée ; ils n'en sont pas moins manifestement exagérés et susceptibles de réductions qu'il appartient au marinier d'obtenir.

Ce premier résultat acquis, il est clair que de légères diminutions ultérieures possibles dans les délais de chargement et de déchargement, les économies de temps que permettront les améliorations en cours de la voie, peut-être quelque réduction possible, dans l'avenir, du prix de traction, une organisation meilleure et moins coûteuse des affrètements et du pilotage, pourront permettre d'arriver bien près de 7 voyages et d'un prix de fret de 3,75 *f*, peut-être 3,50 *f*, tout en laissant encore une recette finale meilleure au marinier. Mais enfin de ce qui précède nous ne voulons pour le moment retenir que la constatation suivante : c'est qu'en l'état actuel et par le seul fait de la réduction à un taux normal de la durée des chargements, sans toucher à aucun des autres éléments de la question, il serait possible, sur un fret moyen de 5,50 *f*, d'obtenir une réduction de 1,25 *f*, soit 22 1/2 0/0, réduction hors de proportion avec celles que l'on peut attendre des autres causes signalées ci-dessus et d'autant plus notable qu'en somme elle porterait sur une marchandise qui, au point d'arrivée à Paris, hors barrières, vaut moyennement 20 *f* et qui, à son entrée en France, est protégée par un droit de douane de 1,20 *f*.

V

L'intérêt qu'il y aurait à régulariser et à activer les opérations de chargement de la houille, aux rivages des mines, est surabondamment démontré par ce qui précède. La question, du reste, fait en ce moment l'objet des préoccupations des intéressés, et c'est une des raisons pourquoi il m'a paru intéressant de la signaler, d'autant plus que, (et ceci répond justement à la remarque que je faisais en débutant) pour dépendre du service commercial des mines, elle n'en est pas moins de celles sur lesquelles, de par l'organisation même de ces grandes entreprises, l'Ingénieur a nécessairement une influence.

De difficultés matérielles à charger rapidement, on sait, étant donnée l'organisation des rivages, qu'il n'y en a pas.

On invoque, pour expliquer la situation actuelle, le fait même de l'encombrement à tous les rivages. Les bateaux envoyés par les affréteurs qui n'auraient pas eu soin de s'entendre d'abord avec l'expéditeur, y arrivent en beaucoup trop grand nombre et chacun y doit attendre son tour, un peu comme le public parisien dans les bureaux d'omnibus, les jours où il pleut, et s'il pleuvait tous les jours!

L'argument nous paraît d'assez mince valeur, car il est constant que si le client laisse à la mine elle-même le soin d'affréter un bateau, l'attente de celui-ci ne se trouve pas pour cela diminuée. Le tour, dira-t-on, qu'il doit prendre comme les camarades! Mon Dieu, non, car en fait les clients qui savent ou peuvent en faire la condition nécessaire d'un gros marché arrivent très bien à faire passer leurs bateaux hors tour.

Et puis du reste, la difficulté, si elle était réellement celle-là, serait bien facile à résoudre, l'affréteur, qui n'est en l'espèce que l'agent du destinataire, pouvant être facilement amené à s'entendre avec la mine sur l'époque à laquelle il y a lieu de lui envoyer les bateaux affrétés par lui. Mais il est clair qu'une telle solution resterait illusoire si elle n'aboutissait qu'à déplacer l'origine des périodes d'attente actuelles.

Pour réduire celles-ci, à coup sûr, nous ne voyons guère qu'un moyen qui a le double mérite d'être à la fois simple et sûrement efficace. C'est d'admettre qu'il devra être payé au marinier des surestaries quand son attente se prolongera au-delà d'un délai déterminé à partir de l'époque qui lui aura été désignée lors de

son affrètement. C'est ainsi que cela se passe dans les ports pour les bateaux de mer. C'est ainsi que cela se passe à terre, tant au chargement qu'au déchargement, dans les mines comme ailleurs pour les wagons de chemins de fer. C'est ainsi que cela se passe pour les bateaux de navigation intérieure quand il s'agit de leur déchargement et l'on n'aperçoit vraiment pas de motif valable pour qu'il en soit autrement quand il s'agit de leur chargement et pour qu'à ce point de vue spécial un des deux moyens de transport mis à la disposition du commerce soit artificiellement placé sur un pied d'infériorité vis-à-vis du chemin de fer concurrent.

Ce délai, au delà duquel des surestaries seraient dues, nous avons dit plus haut quel il est, d'après les usages actuels, pour un bateau de 300 *t.* C'est 10 jours, et tel quel il paraît vraiment large. Encore faut-il considérer que ces 10 jours ne doivent courir qu'à partir de l'arrivée du bateau au rivage, et qu'il n'y aurait aucun inconvénient à ce que cette date initiale soit fixée d'accord entre l'expéditeur et le destinataire, assez longtemps à l'avance, par exemple dans le mois qui précède.

Je ne prétends traiter ici qu'une question de principes; je laisserai donc de côté les moyens de réalisation du procédé auquel je viens de faire allusion : il est facile d'en imaginer plusieurs; il en a été indiqué un récemment au cours d'une conférence tenue à Douai sous les auspices des Chambres de Commerce de la région et à laquelle avaient été convoqués les représentants des industries intéresssées. Mais il n'y aurait intérêt à étudier les moyens que si le principe même était admis, et il résulte de ce qui s'est passé à la dite conférence qu'il est au contraire *à priori* repoussé d'une façon absolue par les représentants des industries minières.

Pour être complet, ajoutons que tout en se refusant catégoriquement à admettre qu'il puisse être payé des surestaries aux mariniers, ils se sont, au contraire, déclarés très partisans de l'organisation, par les soins et sous le contrôle des Chambres de Commerce, d'un bureau d'affrètement. Il peut être désirable, nous l'avons dit déjà, de voir les conditions actuelles d'affrètement devenir meilleures et moins coûteuses, et il est très concevable que la création projetée, si elle vient à se réaliser, y puisse beaucoup contribuer; ce ne sera cependant, qu'à la condition que ce bureau ne représente en fait qu'un affréteur de plus; car à vouloir (il en a été question) lui donner une sorte

de caractère officiel et des conditions de fonctionnement privilégiées il faudrait bien peu connaître le caractère méfiant des mariniers pour ne pas se rendre compte des difficultés insurmontables qu'il trouverait à poursuivre ses opérations.

Nous avons du reste montré par des chiffres quelle est l'importance relative du bénéfice à attendre d'une réduction du prix d'affrètement et d'une réduction du temps perdu en attente; nous nous trouvons donc ramenés à la nécessité de réduire avant tout ce dernier, et le refus opposé à l'admission du principe du paiement de surestaries s'applique aussi bien à ce nouveau mode d'affrètement qu'aux autres.

A ce refus, qui n'a été accompagné d'aucune explication, il est, semble-t-il, bien difficile de trouver de bonnes raisons. Nous n'en avons entendu indiquer qu'une seule qui puisse être retenue dans un examen auquel nous voulons conserver un caractère purement technique.

On dit beaucoup les mines peu soucieuses de se prêter aux transports par eau. Ce n'est qu'un on dit, mais si nous le rapportons, c'est qu'on l'appuie sur une raison de quelque apparence. Le wagon, en effet, arrive à la fosse même et s'y charge directement; le bateau n'arrive qu'au rivage parfois assez éloigné de la fosse, il faut lui porter le charbon; d'où des frais de voies, de wagons, de locomotives, de personnel, qui augmentent le prix de revient alors que le prix de vente reste le même.

Le fait est exact, mais dans quelles proportions, et si celles-ci sont très faibles la raison est-elle bonne? N'est-il pas parfaitement justifié que le producteur sache accepter certains frais supplémentaires, quand ils ne dépassent pas une juste mesure et doivent avoir pour résultat de lui permettre d'augmenter l'écoulement de ses produits? Or, il semble que ce soit bien ici le cas.

Nous n'insisterons pas sur certains avantages spéciaux que trouve le destinataire dans les transports par eau, et qui font qu'il y renoncerait difficilement. Mais, puisque l'objection irait jusqu'à leur suppression, nous plaçant au point de vue de l'expéditeur nous demanderons tout d'abord si le chemin de fer serait en situation de faire face par lui-même à la totalité des transports qui se partagent actuellement entre lui et la navigation?

Puis, si les prix de transport par fer, pour la marchandise et pour le parcours que nous considérons, sont devenus aussi abordables, c'est bien à la concurrence des bateaux que cela est dû

et qu'est dû aussi, dès lors, l'accroissement de consommation qui en est résulté.

Nous accorderons que la reconnaissance pour les services qu'il a pu rendre dans le passé ne serait pas un motif suffisant pour conserver un procédé qui serait devenu défectueux, mais ces mêmes services qu'il a rendus dans le passé, il est clair qu'on les peut encore attendre dans l'avenir, nous l'avons vu par les chiffres donnés ci-dessus; sans compter qu'il n'est pas démontré que l'effet obtenu résisterait à la disparition du moyen qui a permis de l'obtenir.

Or, il s'agit en l'espèce d'une marchandise qui est la plus indispensable de toutes, et dont le bas prix est, au plus haut degré de première importance pour toute l'industrie du pays; qui est de celles, par conséquent, pour lesquelles il faut de toute nécessité rechercher tous les moyens d'abaisser le plus possible les prix et pour lesquelles la production est manifestement condamnée à chercher l'accroissement de ses bénéfices dans la réalisation d'un profit de plus en plus faible sur chaque unité, mais portant sur un nombre d'unités de plus en plus grand.

Il est trop clair que ce n'est pas pour lui permettre d'échapper à cette obligation que le législateur, tenant compte et des nécessités et des difficultés de cette industrie, et de son importance au point de vue des intérêts généraux du pays, a créé un régime spécial au profit de l'exploitant des mines.

A ce point de vue, l'anomalie apparaîtrait forcément assez vite d'une protection douanière accordée à un produit, protection dont le montant, sur un des principaux marchés du pays, est presque égal à celui d'un abaissement de prix dont les exploitants pourraient, comme on l'a vu, faciliter la réalisation sur ce même marché.

L'action qu'aurait en effet, dans ce sens, la réduction assurée des durées d'attente actuellement imposées aux bateaux, n'est pas douteuse. Nous pensons l'avoir montré en principe et, en en chiffrant la valeur, en avoir indiqué l'importance, soit absolue, soit relative par rapport aux autres améliorations possibles.

La pratique ne fait que confirmer cette appréciation, car enfin si les attentes, déjà trop longues au cours des années précédentes, donnaient lieu à de nombreuses plaintes, l'accroissement de leur durée, tel qu'il s'est produit cette année, a tout d'abord provoqué une véritable exagération des prix de fret, puis les choses en sont venues à un véritable état de crise, non

seulement pour les transports de houille, les seuls dont nous ayions parlé jusqu'ici, mais encore pour les autres transports. Cela est facile à comprendre : la quantité des bateaux arrêtés le long des rivages est telle que, malgré que le nombre de ceux qui existent soit actuellement plus grand sans doute qu'il ne serait nécessaire eu égard au débit possible de la voie, par moments les autres industries qui expédient leurs produits par eau viennent à en manquer. C'est même, si nos renseignements sont exacts, de cette pénurie qu'est née l'idée de la convocation de la conférence de Douai, à laquelle il a été plus haut fait allusion.

Les considérations qui précèdent montrent assez toute l'importance de la question, importance telle, que dans deux pays voisins, à une date récente, la législation est intervenue pour la régler dans le sens que nous venons d'indiquer et en conformité d'usages locaux préexistants. Chez nous aussi ces usages existent, plus ou moins (on vient de le voir) oubliés ou tombés en désuétude : pas au point cependant qu'ils n'aient encore été rappelés et retenus dans des jugements tout récents.

Leur légitimité et leur utilité apparaissent assez évidentes pour qu'il doive être permis d'attendre simplement de la bonne volonté de tous leur remise en vigueur.

TRAVERSES DE CHEMINS DE FER

EN

« QUEBRACHO COLORADO »

PAR

M. J. COURAU

Parmi tous les bois du monde pouvant être utilisés comme traverses de chemins de fer, la royauté appartient sans conteste, croyons-nous, au *Quebracho colorado*. D'autres essences ont aussi la propriété de se conserver indéfiniment, dans toutes les situations et sous toutes les latitudes, mais elles rentrent en général dans les différentes catégories de *bois durs* des pays tropicaux, beaucoup trop résistants à l'outil et d'une exploitation difficile sinon impossible en raison de l'insalubrité du climat ou de l'accès toujours pénible et souvent dangereux des montagnes où ils prennent naissance.

Le *Quebracho colorado* que l'on trouve, au contraire, dans les vastes plaines, au climat presque tempéré et parfaitement sain du Chaco Argentin, sillonnées aujourd'hui par le chemin de fer, se travaille à peu près dans les mêmes conditions que les meilleurs bois européens et possède néanmoins le poids indispensable à la bonne assiette des voies ferrées.

Si, malgré ses qualités essentielles, le *Quebracho* n'a pas encore été utilisé en Europe comme bois de construction et surtout comme traverses, cela doit tenir sans doute à ce que la presque totalité de ce bois exploitée jusqu'ici a été absorbée sous une autre forme, par l'industrie du tannage. Il y a, en effet, quelques années à peine que le chemin de fer a pénétré dans les régions à *Quebracho* et a rendu ainsi leur exploitation facile. Le débit des forêts, dans des pays où la population était encore clairsemée, suffisait à peine aux demandes des tanneries européennes et des Compagnies de chemins de fer de la République Argentine. Aujourd'hui, la situation n'est plus la même et l'outillage est suffisant pour répondre à tous les besoins.

Aussi commence-t-on à s'occuper activement d'ouvrir à ce

riche produit de nouveaux débouchés. L'*Union industrielle argentine* vient de publier sur l'emploi du *Quebracho* un important travail auquel nous empruntons quelques-uns des renseignements et des chiffres qui vont suivre.

Le *Quebracho colorado* — *Loxopterygium Lorentzii* — est une anacardiacée, qui se présente sous la forme d'un arbre de 15 *m* de hauteur et 1 *m* à 1,20 *m* de diamètre.

Sa densité maximum est de 1,392; elle ne s'abaisse à 1,232 que pour les arbres très vieux.

Nous donnons (page 203) un tableau des résultats des expériences auxquelles ont été soumis les bois argentins comparés à ceux obtenus pour le chêne et le sapin. Il montre d'une façon générale la supériorité des bois américains; mais, à tous les points de vue, le *Quebracho colorado* occupe la première place, car si le *Guayacan* et le *Lapacho* lui sont, par certains côtés, un peu supérieurs, il faut dire que ces espèces sont très rares et ne sauraient donner lieu à une exploitation un peu active.

Les cellules du quebracho sont très réduites, les fibres ténues et leurs parois épaisses; les rayons médulaires sont courts et rares. Le quebracho trouve déjà dans cette constitution une défense énergique contre l'influence des agents extérieurs. Mais il doit surtout ses qualités de conservation à l'abondance des matières antiseptiques qu'il renferme et en particulier du tannin dont la proportion moyenne est la suivante :

Écorce. .	6 à 8 0/0	de tannin.
Aubier. .	3 à 4 0/0	—
Cœur . .	19 à 22 0/0	—

C'est cette richesse en tannin qui a seule jusqu'ici attiré l'attention des industriels européens. Aussi ont-ils sorti du Chaco Argentin, en 1898, 229 millions de kilogrammes de quebracho, presque exclusivement sous la forme de *rollizos*, c'est-à-dire de troncs bruts simplement dépouillés de l'écorce et de l'aubier. Ces bois sont, pour la plupart, expédiés en Allemagne, mais ils sont envoyés aussi par quantités moins importantes en France, en Italie, en Belgique, au Brésil et aux États-Unis.

C'est un curieux spectacle que celui de ces énormes pièces de bois amoncelées sur les terrains avoisinant les gares, puis chargées en tas énormes, à l'aide de grues primitives, sur les wagons du chemin de fer et circulant ainsi en longues files jusqu'au port d'embarquement.

Principaux bois argentins comparés au chêne et au sapin.

NOMS DES ESSENCES	DENSITÉ ou POIDS du mètre cube massif	VALEURS MOYENNES DES COEFFICIENTS d'élasticité et de résistance en kilogr. par centim. carré de section transversale			
		Coefficient d'élasticité (E)	Charge de rupture ou coefficient de rupture en		
			Traction	Compression	Flexion (r)
	kg *kg*				
Chêne (sec)	643 à 1 015	120 000	1 000	500	750
Sapin (mâle)	463 à 550	120 000	850	425	640
Quebracho colorado	1 232 à 1 392	148 000	1 196	1 220	1 543
Quebracho blanco	810 à 1 030	56 000	600	540	433
Algarrobo negro	646 à 730	55 000	440	404	663
Canela	714	121 000	623	625	1 111
Cedro de Misiones	575 à 658	99 000	468	460	700
Cedro de Tucuman	540	»	»	»	630
Curupay	977 à 1 172	150 000	1 350	1 010	1 283
Guayacan	1 113 à 1 284	»	»	»	1 732
Incienso	869 à 945	»	»	»	1 270
Lapacho	952 à 1 072	153 000	1 133	927	1 543
Laurel negro	693 à 826	»	»	»	692
Lanza blanca	738	»	»	»	946
Naranjo	704 à 946	115 000	1 354	488	1 186
Nandubay	1 090 à 1 211	123 000	1 108	633	1 200
Nogal	538	»	»	»	1 026
Palo Santo	1 216 à 1 303	100 000	1 226	»	1 081
Sauce blanco	468	47 000	457	266	524
Tatané blanco	970	115 000	1 250	855	1 041
Timbo	328 à 440	»	»	»	663
Urundey	1 110 à 1 270	114 000	1 148	966	1 125
Urundey-pará	933 à 1 091	»	»	»	742
Yvirapitá	745 à 1 038	»	»	»	1 210

(E) Coefficient ou module d'élasticité de la matière dont la tige est formée; c'est le rapport constant, jusqu'à la limite d'élasticité, de l'effort p qui tend à allonger ou à raccourcir la tige, à l'allongement ou au raccourcissement i de la tige; on a donc : $E = \frac{p}{i}$.

D'après Poncelet on a, pour les valeurs moyennes de E, i et p correspondant à la limite d'élasticité du chêne, pour une tige prismatique homogène de 1 m de longueur et de 1 cm^2 de section :

$$E = 120\,000\ kg$$
$$p = 200\ kg$$
$$i = \frac{1}{600} = 0{,}00167\ m$$

(r) a rapport aux sections circulaires et rectangulaires.

Le trafic du quebracho appartient presque exclusivement au réseau de la Compagnie Française des Chemins de fer de la Province de Santa-Fé (1 320 *km*), dont les voies pénètrent dans le Chaco jusqu'à 450 *km* au nord du port d'embarquement, Colastiné.

Ce port, aujourd'hui important et le second de la République Argentine comme tonnage exporté, est situé à près de 600 *km* en amont de Buenos-Ayres. C'est le point le plus haut du grand fleuve argentin où les navires d'outremer aient accès en tout temps pour venir charger soit les céréales de la Province de Santa-Fé, soit le quebracho descendu par chemin de fer des forêts inépuisables du Chaco.

Le chemin de fer français de la province de Santa-Fé a transporté à lui seul, en 1898, 318 533 *t* de quebracho, dont 213 715 *t* sorties par le port de Colastiné, ce qui représente à peu près toute l'exportation de la République Argentine (229 000 *t*). En ajoutant à ces chiffres environ 140 000 *t* transportées par d'autres Compagnies ou expédiées directement par les fleuves, on trouve qu'il a été exploité, en 1898, 472 millions de kilogrammes de quebracho, dont 242 748 000 ont été consommés dans l'intérieur du pays sous la forme suivante :

Rollizos (troncs bruts pour tanneries) .	36 000 000 *kg*
Poteaux ou piquets (250 000 à 40 *kg*. .	10 000 000 *kg*
Bois de construction équarris (poutres).	40 000 000 *kg*
Traverses.	156 748 000 *kg*
Consommation intérieure. .	242 748 000 *kg*

Les *rollizos* sont utilisés par une trentaine de tanneries existant à Buenos-Ayres et consommant de 2 500 à 3 000 *t* par mois. Les poteaux sont destinés en général aux clôtures en fil de fer qui atteignent dans la République Argentine un développement colossal. Enfin les traverses (1 413 100 pièces) correspondent aux 1 087 *km* de nouvelles voies ferrées construites en 1898.

Le nombre de traverses de quebracho déjà posées sur le sol argentin peut être évalué à 7 millions et c'est sur ce point que l'*Union Industrielle* de Buenos-Ayres s'est livrée à une étude des plus intéressantes.

Toutes les grandes Compagnies du pays lui ont envoyé des renseignements détaillés sur l'emploi du quebracho comme tra-

verses. Toutes sont unanimes à vanter les qualités exceptionnelles de ce bois. Plusieurs des directeurs, qui ont habité diverses régions du monde, déclarent que c'est le meilleur qu'ils aient vu employer. Il ne peuvent toutefois fixer encore la durée des traverses en question, attendu que celles qui sont posées depuis le plus longtemps (15, 20 ans et davantage) sont toujours en parfait état.

La Compagnie anglaise du *Central Argentin* (1272 *km*) qui possède des voies depuis 1857, dit « qu'on peut affirmer que la durée est d'au moins 50 ans ». Mais elle fait remarquer qu'il ne faudrait pas considérer ce laps de temps comme une limite extrême de durée du bois, car, par suite des changements des attaches nécessités par diverses causes, on est dans l'obligation de mettre la traverse au rebut, bien avant que le bois n'ait perdu ses qualités essentielles de conservation.

Cette durée presque indéfinie n'a rien qui puisse étonner, car lorsqu'on a déplacé des clôtures en quebracho datant de plus d'un siècle, on a pu souvent constater que les poteaux étaient en parfait état de conservation. Peu importe d'ailleurs que le bois se trouve dans un sol sec ou humide ou à l'air. On peut même ajouter que le quebracho est un bois excellent pour les ouvrages sous l'eau, car il s'y durcit au lieu de pourrir.

Cette opinion unanime des Compagnies argentines est d'autant plus intéressante à enregistrer que la plupart de celles-ci étant d'origine anglaise ont employé également des traverses métalliques et que les Ingénieurs ont estimé que la traverse de quebracho est très supérieure à celle en acier.

Quelques Compagnies recommandent certaines précautions pour conserver à la traverse de quebracho toutes ses qualités. Elles ne sont autres, d'ailleurs, que les conditions applicables à tous les bois en général : il faut, de préférence, couper les arbres en hiver et, si possible, protéger du soleil, pendant quelque temps, les faces taillées à la scie, afin d'éviter qu'il ne se produise des fentes. Enfin, il faut exclure complètement l'aubier, qui se pourrit en quelques années et n'admettre que le cœur. Mais cette dernière réserve est à peine gênante pour le fournisseur, car l'aubier du quebracho n'a qu'une faible épaisseur; le cœur représente toujours les 2/3 et souvent les 3/4 de l'arbre.

Un des points importants et sur lequel les intérêts privés risquent fort de compromettre le succès général de l'importation du quebracho, c'est le choix de la région d'où on le tire. Le

Chaco Argentin se divise, à cet égard, en deux parties bien distinctes : l'est et l'ouest.

Dans la première, qui s'étend depuis les fleuves Parana et Paraguay jusqu'à environ 300 *km* vers l'ouest, entre les parallèles 25° et 29° de latitude sud, le *quebracho colorado* est de toute première qualité et c'est celui qui répond entièrement aux conditions indiquées ci-dessus. C'est de là également que sort tout le quebracho expédié aux tanneries européennes par le port de Colastiné. Les immenses forêts de cette zone sont toutes situées dans la province de Santa-Fé et le territoire du Chaco.

A l'ouest de cette première zone, surtout en arrivant à la hauteur de Santiago del Estero, de Tucuman et de Salta, il n'en est plus de même. Le quebracho s'y rencontre aussi, quoique moins abondant, mais surtout sous la forme de *quebracho blanco* (apocinée) qui, comme on peut le constater par le tableau ci-dessus, est de qualité très inférieure, ne contient que peu de tannin et pourrit rapidement. La variété *colorado*, la seule utilisable, non seulement y est plus rare, mais encore paraît être de qualité inférieure. C'est, du moins, ce qui ressort des documents que nous avons cités.

Le rapport de l'*Union Industrielle* dit que le quebracho de la première zone « est le seul employé pour le tannage, celui de » la province de Santiago n'étant pas utilisable pour cette in- » dustrie, au moins avec avantage. Les poutres et les traver- » ses proviennent aussi presque toutes de la première zone. »

L'infériorité des bois de la seconde zone est mentionnée par les Compagnies qui, traversant cette région, en ont fait usage. La Compagnie du Buenos Aires y Rosario (1 500 *km*) « constate » que pendant la construction de sa ligne de Sunchales à Tucu- » man, il était impossible d'obtenir assez de quebracho de bonne » qualité, qu'aujourd'hui même on peut dire qu'il est difficile » d'en trouver de première qualité et qu'il faut le choisir avec » beaucoup de soin. *La Compagnie du Central Cordoba* (1 100 *km*) » ajoute : Le *quebracho colorado* provenant du climat humide de » Tucuman est inférieur à celui des régions plus froides de Frias » et Santiago. Souvent le cœur pourrit en laissant un trou plein » de poudre noire. Cela vient, sans doute, en grande partie de » ce que la coupe a été faite en été, mais c'est cependant une carac- » téristique du *quebracho colorado* de Tucuman. »

Nous avons tenu à faire cette distinction parce qu'il a été

question d'un envoi en Europe, à titre d'essai et par quantités assez considérables, de traverses provenant de cette région. A moins que le choix des bois n'ait été fait avec le plus grand soin, cette tentative pourrait être désastreuse pour l'avenir de l'industrie du quebracho argentin, en ne donnant pas les résultats qu'on est en droit d'attendre des bois de première qualité. Néanmoins, les essences de la deuxième zone ne sont défectueuses que parce qu'on les compare aux espèces de quebracho vraiment extraordinaires de la province de Santa-Fé et du Chaco. Tels qu'ils sont, les arbres de la zone ouest, à la condition d'être bien choisis, seraient probablement supérieurs à tous les bois européens.

Il nous reste à traiter la question de prix de revient, sans laquelle aucune comparaison utile ne saurait être établie, et à exprimer le regret, à cette occasion, que la brochure de l'*Union Industrielle*, destinée à une action de propagande, contienne des renseignements incomplets et même inexacts, susceptibles de nuire au succès de l'entreprise.

Sans parler des prix indiqués pour les *rollizos*, piquets, poutres, etc., qui sont tous fortement exagérés, la brochure indique tout d'abord, pour la voie large, le prix de $ m/n 4,00 par traverse, ce qui suffirait pour faire renoncer immédiatement à l'emploi du quebracho sur les chemins de fer européens. Mais on oublie d'ajouter que ce prix s'applique aux énormes traverses que comporte la voie de 5 pieds 6 pouces (1,676 *m*), largeur de la plupart des lignes anglaises de l'Argentine. De plus, le prix est établi par traverse rendue sur les diverses lignes du Sud, c'est-à-dire augmenté de toutes sortes de frais de transport et de transbordement, souvent aussi élevés que le fret d'une traversée maritime.

Enfin, ce prix est visiblement surchargé. On indique, en effet, que la Compagnie Française des Chemins de fer de la province de Santa-Fé, dont la voie est de 1 *m*, a payé ses traverses sur place, en 1898, de $ m/n 1,80 à 2,20. Or, nous savons que cette entreprise n'en a acheté qu'au prix maximum de $ m/n 1,50 et que souvent elle a obtenu des prix inférieurs. Il ne s'agit, d'ailleurs, pour elle que de quelques traverses destinées au remplacement et la Compagnie les obtiendrait probablement à de meilleures conditions s'il s'agissait d'un marché important pour des lignes en construction.

Avant de passer à la rectification de ces prix nous devons faire

une remarque importante. Le prix de revient sur place, pour les acheteurs européens, dépend essentiellement du change. Actuellement, il est aussi défavorable que possible, la valeur de la piastre ($ m/n 1,00) s'étant subitement élevée, à la fin de 1898, jusqu'à plus de 2 *f*. Depuis longtemps, elle n'avait guère valu que 1,50 *f* ou même moins. Il est possible qu'elle retrouve ces bas cours, qui correspondraient plus exactement à sa valeur réelle, car son pouvoir d'achat dans le pays ne représente guère plus de 1 *f*. Mais dans tous les cas, tout semble faire prévoir que la piastre se maintiendra pendant quelque temps aux environs de 2 *f* et nous pouvons admettre cette valeur comme une moyenne, sinon comme un maximum.

Comme le prix sur place n'est aucunement influencé par ces variations extérieures du change, nous obtiendrons donc, en tout temps, la traverse pour voie de 1 *m* au prix de $ m/n 1,50 et celle pour voie normale française au prix de $ m/n 2,00. Le taux moyen de transport sur les rails de la Compagnie Française depuis les forêts de la province de Santé-Fé et du Chaco Austral jusqu'au port d'embarquement de Colastiné, port libre de tout droit, variera, suivant le point de départ, entre $ m/n 0,40 et 0,50 pour les petites traverses et entre $ m/n 0,50 et 0,70 pour les grandes.

En résumé, la valeur moyenne de la traverse de *quebracho colorado*, rendue au port d'embarquement, sera de $ m/n 2,60 ou 5,20 *f* pour la voie de 1,45 *m* et de $ m/n 1,95 ou 3,90 *f* pour celle de 1 *m*. Si le change revenait à son taux des dernières années, ces prix pourraient tomber à 4 *f* et 3 *f* respectivement.

Reste à ajouter le prix du transport par mer, sur lequel nous n'insisterons pas, les acheteurs européens étant les mieux placés pour en connaître l'importance.

Il nous suffira de rappeler que la traverse de chemin de fer, par la régularité de ses dimensions et la facilité de son arrimage constitue le chargement idéal. Le quebracho, en raison de sa densité, n'occupe en outre qu'un espace restreint pour un poids considérable, ce qui permet de compléter le chargement avec des marchandises plus légères et d'un fret élevé.

Les troncs bruts de quebracho, dont l'embarquement est difficile, dont la forme irrégulière présente des saillies dangereuses pour les navires et occasionne des vides inutiles, sont transportés en Europe pour un prix variant de 25 à 30 *f* par tonne. Il n'est donc pas téméraire de penser qu'une fois le courant établi on

trouverait aisément des frets à 20 *f* au maximum pour des chargements complets de traverses de quebracho.

Elles reviendraient alors rendues en Europe à 6 *f* pour la voie large et 4,50 *f* pour la voie étroite.

Ces prix sont comparables à ceux de nos traverses préparées. Mais fussent-ils même sensiblement supérieurs, il ne faudrait pas perdre de vue qu'ils représentent le coût d'une traverse de grand poids et d'une durée que l'on peut qualifier d'indéfinie.

CALCUL

DES

MURS DE SOUTÈNEMENT DES TERRES

EN CAS DE SURCHARGES QUELCONQUES

PAR

M. S. PICHAULT

---

1. — PRÉAMBULE. — Pour amener les voies ferrées jusqu'à sa nouvelle gare terminus, établie, dans l'ancienne Cour des Comptes, à Paris, la Compagnie d'Orléans a construit d'importants murs de soutènement.

Le 2 mai 1899, une partie de mur, de plus de 100 *m* de longueur, au quai Saint-Bernard, s'est éboulée, entraînant une forte dépense, pour la réfection, et un retard des plus fâcheux, dans l'installation des voies, au point de vue de l'Exposition universelle de 1900.

Sans vouloir porter absolument aucun jugement, sur la manière dont ces murs ont été calculés, nous parlons de ce fait, pour qu'il nous soit permis de dire, en présence d'un accident si grave, que la question du *calcul des murs de soutènement des terres*, bien que très aride, n'est pas de petite importance. Et aussi, pour qu'il nous soit permis de signaler une lacune fondamentale, dans les théories connues.

2. — GÉNÉRALITÉS. — La question des murs de soutènement est vieille, pour ainsi dire, comme le monde, au point de vue utilitaire. Le *Égyptiens*, les *Assyriens*, les *Chinois*... en un mot presque tous les peuples ont construit plus ou moins de *grandes murailles*.

Depuis la fondation de Rome jusqu'à l'invention de la poudre, et surtout après cette invention, il a été édifié des longueurs incalculables de *murs soutenant des terres*.

Au point de vue des règles à suivre, dans le travail d'édification, au point de vue aussi du calcul de la résistance de ces murs, la question a exercé un nombre considérable d'intelli-

gences, tant parmi les praticiens, que parmi les mathématiciens.

Il n'en est pas moins vrai que nous trouvant, il y a quelques années, dans l'obligation de déterminer les murs de soutènement d'une tranchée ; avec voies au bord de cette tranchée, sur le terrain soutenu ; avec ponts, traversant la tranchée ; avec charges, en dépôts, et constructions diverses, appuyant, soit un peu en arrière, soit directement sur les murs ; grand fut notre embarras de ne trouver, comme guide, que des formules, ou des procédés graphiques insuffisants ou incorrects.

Dès qu'il s'agissait de faire intervenir des *surcharges* importantes, impossible de trouver, ni des indications précises, ni même une méthode de calcul *donnant sécurité*, dans ses résultats.

Les manuels ordinaires de l'Ingénieur (1) ne fournissent rien, sur ce sujet; si ce n'est la règle empirique, trop absolue pour être toujours vraie, de donner au mur une épaisseur au pied, égale au tiers de sa hauteur. Ce qui ne tient compte ni de l'inclinaison des parois, ni de la diversité des charges.

Quelques ouvrages pratiques spéciaux (2) indiquent des formules plus complexes. Mais la manière dont ces formules sont présentées démontre qu'elles sont inexactes.

Divers Ingénieurs ou Professeurs ou savants ont poussé la question plus loin (3). Mais aucun des ouvrages que nous avons pu consulter ne nous a donné le moyen de sortir d'embarras.

Cette affirmation va et doit sembler téméraire, sous la plume d'un inconnu, qui n'est même pas un spécialiste.

Nous avouons avoir hésité longtemps avant d'être nous-même persuadé. Et nous avons, sur ce sujet, posé souvent la question suivante à des personnes compétentes : « Où trouve-t-on indiquée la manière de déterminer le *moment de renversement maximum* de la poussée des terres contre un mur de soutènement? »

Toutes nous ont répondu : « Nous avons bien entendu parler de la *poussée maxima ;* mais du *moment maximum*, jamais ! »

En effet, si nous consultons les ouvrages des professeurs de nos grandes écoles, qui par position, doivent donner l'état actuel de la science, nous voyons par exemple, et pour ne citer que ceux-là, M. Resal (4), en 1880, présenter, avec sa compétence et son savoir

(1) Voir au n° 34 : 1°, 2°, 3°.
(2) Voir au n° 34 : 30°.
(3) Voir au n° 34.
(4) Voir au n° 34 : 19°.

profonds, une théorie complète pour la recherche de la *poussée maxima*, dans le cas de surcharge en terre, au profil supérieur quelconque. Mais il ne parle pas de surcharge distincte au-dessus des terres soutenues. M. Maurice Lévy (1), en 1887, reprendre simplement la méthode géométrique de Poncelet, en la complétant et l'étendant à des cas particuliers, avec l'habileté qui le caractérise, sans faire plus ample usage de sa propre théorie de 1870.

Tous ceux qui ont traité cette question complexe et ingrate se sont préoccupés de déterminer la *poussée maxima* des terres. Aucun n'a cherché le *moment maximum*. Cependant, la connaissance de ce dernier est la plus importante, d'ordinaire, au point de vue de la stabilité du mur.

De sorte que, pressé par la nécessité de posséder une solution exacte, au moins en principe, de cette stabilité des murs de soutènement, nous avons dû chercher nous-même la solution.

Nous n'avons pas tardé à reconnaître que le problème est loin d'être simple, quand on l'aborde dans le cas général.

Avec de la patience et sous l'aiguillon de la nécessité, nous avons fini par trouver une méthode qui est loin d'être parfaite, mais qui, malgré ses défauts, paraît mériter d'être connue.

Nous ne nous sommes pas contenté de chercher la *poussée maxima* des terres, contre le mur, en cas de surcharge en terre ou de surcharge distincte, par-dessus la terre soutenue, aussi compliquées de forme et de grandeur qu'on puisse l'imaginer. Nous n'avons même pas attaqué la question, de ce côté. Nous avons déterminé directement le *moment de renversement maximum*.

D'ailleurs, la méthode qui donne le moment maximum donne aussi, et plus facilement, la poussée maxima, avec son point d'application.

C'est le résumé de ce travail que nous prenons la hardiesse de présenter ici, dans la pensée qu'il pourra peut-être rendre quelque service à d'autres.

Sauf pour la détermination analytique des maximums, les démonstrations sont du ressort des mathématiques élémentaires et, malgré cela, sont brèves. Les résultats sont donc à la portée de tout le monde.

Ajoutons que notre but n'a pas été de forger une théorie plus ou moins nouvelle. Nous avons eu surtout en vue de rendre

(1) Voir au n° 34 : 13°, 29°.

l'application des calculs, non seulement possible mais encore facile, dans les cas les plus compliqués.

Nous divisons l'étude en deux parties principales :

1° Recherches du moment de renversement et de la poussée des terres soutenues;

2° Stabilité du mur de soutènement.

I

Recherches du moment de renversement et de la poussée des terres soutenues.

3. — Données. — La liste des symboles, avec leur définition précise, est résumée au n° 33, pour la commodité des applications.

OABWO *(fig. 1)* est un prisme de terre, ayant, par hypothèse, une longueur grande, comparativement à ses autres dimensions.

Il porte une certaine surcharge, de nature et de dimensions quelconques, limitée par le contour $dfg_0h_0l_0r_0X$, ou tout autre contour aussi compliqué qu'on veut l'imaginer. Ce sera, par exemple, un mur ou un simple parapet ou un dépôt de matériaux divers ou une voie ferrée ou une route sur laquelle roulent des charges, etc., etc.

Quelle que soit la forme du contour de la section transversale à la partie supérieure de la surcharge, on peut toujours par un point B du talus de crête AB, mener un plan horizontal BW, et considérer comme surcharge tout ce qui est au-dessus de ce plan.

Les terres situées au-dessus de BW, s'il y en a, sont, d'une manière plus ou moins étroite, maintenues dans le sens horizontal, soit par le mur, soit par le parapet, soit par les traverses et les rails de la voie ferrée, soit par le contact des objets mis en dépôt. Elles ne sont plus dans les mêmes conditions de liberté que celles situées au-dessous du plan BW.

Il est donc rationnel de les comprendre dans la surcharge distincte; et de les considérer comme pouvant seulement produire une pression constante ou variable, par unité de surface, sur les terres situées en-dessous du plan imaginaire BW.

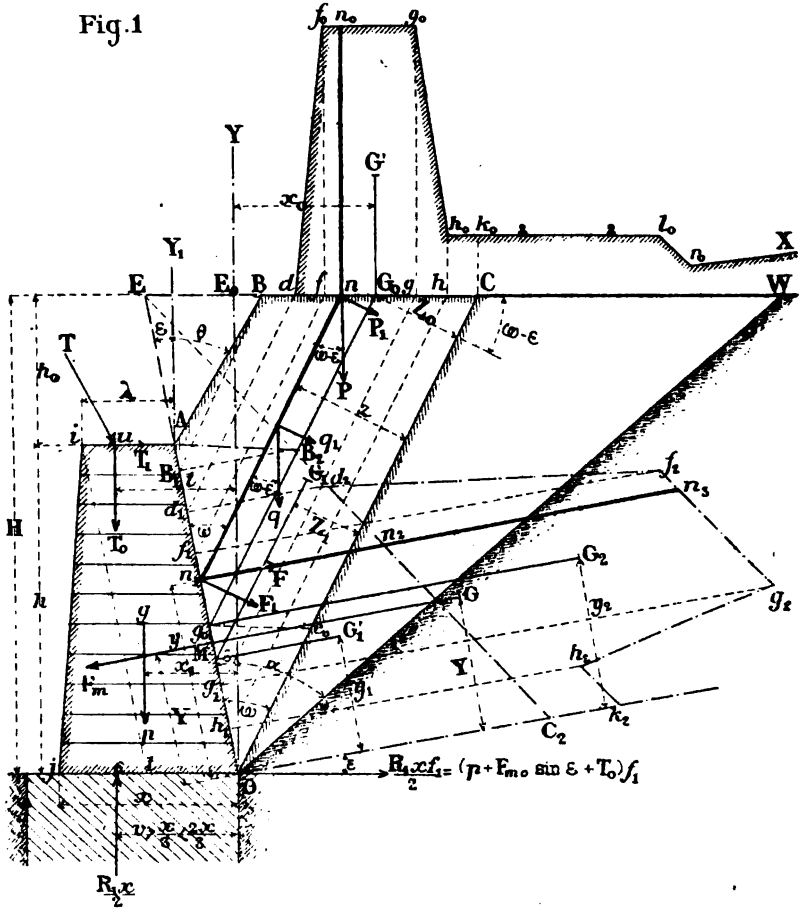
Le prisme surchargé OABWO s'ébOulerait, suivant le plan OW, sans la présence du mur de soutènement OAijO.

Considérons une égale longueur, de 1 *m*, perpendiculaire au plan de la figure, pour le prisme et pour le mur.

Les données fondamentales sont les suivantes :

On connait non seulement le contour du prisme en terre et de sa surcharge, mais encore le poids par mètre cube de chaque partie de la surcharge. On peut donc établir le poids par mètre courant, de telle partie qu'il est désirable de l'un et de l'autre.

Fig. 1



On connait également le poids, par mètre cube, du mur ; de même que la grandeur, la direction et le point d'application de la résultante T des forces, autres que celles provenant du prisme en terre surchargé, qui peuvent agir sur les parois A*ij* (*fig. 1*).

On connait enfin la charge, par mètre carré, qu'il ne faut pas

dépasser, en aucun point du mur, ni de la fondation sur laquelle il s'appuie, ni du terrain qui porte la fondation.

On demande de déterminer l'action des terres sur la paroi OA du mur. Cette action se caractérise par les deux effets suivants :

1° Un effet de tendance au *renversement* du mur ;

2° Un effet de tendance au *glissement* du mur, en chacune de ses assises et sur sa fondation.

En général, quand le renversement ne peut pas se produire, le glissement le peut encore moins.

L'action de renversement, qui est celle prépondérante, serait déterminée, si l'on connaissait la valeur du moment de la poussée des terres par rapport à l'une quelconque des arêtes longitudinales du mur ; celles par exemple qui se projette en O *(fig. 1)*.

4. — Recherche du moment de renversement. — Les terres qui nécessitent l'emploi d'un mur de soutènement sont, dans les conditions ordinaires, composées de fragments plus ou moins arrondis, de dimensions petites, à peu près uniformes.

Il est d'expérience que quand, dans un tel terrain, on creuse une tranchée, les bords de la tranchée, abandonnés à eux-mêmes, s'éboulent peu à peu, suivant une *ligne droite*, qui fait avec la verticale un angle α (Voir *fig. 1)* qu'on appelle *angle de talus naturel*.

Le même terrain remué et mis en remblai se dispose spontanément, suivant le même talus naturel rectiligne, sous un angle très sensiblement égal au précédent : α.

Chaque espèce de terrain est caractérisé par la valeur de l'angle α.

Il est d'expérience encore que quand un mur de soutènement vient à céder sous la poussée des terres, ce n'est pas le prisme OABWO, surchargé ou non, compris entre la paroi OA du mur et le *plan OW* du talus naturel des terre, sous l'angle au sommet $(\alpha + \varepsilon)$, *qui s'éboule* d'abord, c'est un autre prisme compris dans un certain angle au sommet $AOC = \omega$, qui agit comme un *coin*, entre le mur et la partie des terres demeurée immobile.

Il est donc rationnel de rechercher le moment de la poussée, produit par ce *coin*.

L'angle ω est inconnu malheureusement. Mais si l'on fait varier cet angle, et si finalement on lui attribue la valeur qui conduit *au plus grand moment* de renversement, on aura pleine sécurité ;

puisque si l'angle vrai était autre que celui supposé le *moment* serait moindre.

C'est le raisonnement très logique de Poncelet.

Supposons le problème résolu, en ce qui concerne le renversement. Et soit ω l'angle au sommet du coin.

Considérons, dans l'intérieur du coin maximum ainsi déterminé, une bande de terre ou tranche d'épaisseur très faible : e, et de hauteur oblique $\overline{nn_1}$ parallèle à $\overline{CO}$.

Cette tranche est en équilibre sous l'action des forces suivantes, situées dans le même plan vertical :

1° La réaction du mur contre lequel elle bute par son extrémité inférieure, en n_1 ;

2° La réaction des terres situées à droite de la tranche et la réaction des terres situées à gauche ;

3° Le poids propre de la tranche ;

4° La portion de surcharge distincte qu'elle reçoit par son extrémité supérieure, en n ;

La réaction du mur, en n_1, a pour composante perpendiculaire à la face $\overline{OA}$ du mur : F.

Sa composante, parallèle au mur, est ordinairement négligée.

L'hypothèse que la composante parallèle au mur soit négligeable se justifie par les considérations suivantes.

1° La paroi $\overline{OA}$ du mur est souvent enduite d'une couche de ciment lissé qui donne un frottement relativement faible ;

2° La paroi $\overline{OA}$ du mur est un chemin tout naturel, pour l'écoulement des eaux et du limon, qui atténuent aussi le frottement dans une mesure importante, difficile à préciser.

3° En négligeant le frottement contre la paroi OA, on établit une espèce de compensation, eu égard à d'autres forces que l'on est conduit par la nécessité à négliger également ; comme : l'action de la gelée, l'action des variations de température, l'action de la différence dans l'état hygrométrique des terres, l'action des trépidations, l'action des surcharges imprévues, etc.

Quelques auteurs ont introduit, dans le problème, le frottement contre la paroi du mur. Les calculs déjà bien compliqués, le sont, par là, devenus plus encore, sans bénéfice au point de vue de la sécurité, qui devient moindre. Car on est alors conduit à une épaisseur plus petite (très peu) du mur.

Nous ne tiendrons pas compte du frottement des terres contre

la paroi $\overline{OA}$ du mur. Il en résulte qu'en n_1, il n'y a que la réaction élémentaire F, laquelle est perpendiculaire à $\overline{OA}$.

Les réactions des terres, situées à droite et à gauche de la bande $\overline{nn_1}$, ont chacune une composante perpendiculaire à $\overline{OC}$, et une composante parallèle à $\overline{OC}$.

Les deux composantes perpendiculaires à $\overline{OC}$, comme les deux composantes parallèles à $\overline{OC}$, sont *opposées* une à une. Elles seraient, de plus, *égales* une à une, s'il n'y avait, comme différence en plus, sur la paroi de droite (ou inférieure), la portion de frottement, qui provient : de la réaction F du mur, du poids propre q de la tranche, et de la surcharge distincte P, en n.

Une équation de projection, sur $\overline{OC}$, de toutes les forces extérieures agissant sur la tranche $\overline{nn_1}$, donne :

$$F \sin \omega = (P + q) \cos (\omega - \varepsilon) - (P_1 + q_1 + F_1) f. \qquad [1]$$

Mais on a :

$$\left.\begin{aligned} P_1 &= P \sin (\omega - \varepsilon), \\ q_1 &= q \sin (\omega - \varepsilon), \\ F_1 &= F \cos \omega, \\ f &= \frac{1}{\operatorname{tg} \alpha}. \end{aligned}\right\} \qquad [2]$$

Par suite [1] peut s'écrire :

$$F \sin \omega = (P + q) \cos (\omega - \varepsilon) - \left[(P + q) \sin (\omega - \varepsilon) + F \cos \omega\right] \frac{1}{\operatorname{tg} \alpha};$$

ou : $$F \left(\sin \omega + \frac{\cos \omega}{\operatorname{tg} \alpha}\right) = (P + q) \left[\cos (\omega - \varepsilon) - \frac{\sin (\omega - \varepsilon)}{\operatorname{tg} \alpha}\right];$$

d'où l'on tire :

$$F = \frac{(P + q) \left[\operatorname{tg} \alpha \cos (\omega - \varepsilon) - \sin (\omega - \varepsilon)\right]}{\operatorname{tg} \alpha \sin \omega + \cos \omega}. \qquad [3]$$

Telle est l'expression de la poussée élémentaire des terres F, contre le mur qui les soutient.

On peut simplifier cette expression comme suit. Développons cos ($\omega - \varepsilon$), et sin ($\omega - \varepsilon$). Il vient :

$$F = \frac{(P + q) \left[\operatorname{tg} \alpha \cos \omega \cos \varepsilon + \operatorname{tg} \alpha \sin \omega \sin \varepsilon - \sin \omega \cos \varepsilon + \cos \omega \sin \varepsilon\right]}{\operatorname{tg} \alpha \sin \omega + \cos \omega}$$

$$F = (P + q) \frac{\cos \varepsilon (\operatorname{tg} \alpha \cos \omega - \sin \omega) + \sin \varepsilon (\operatorname{tg} \alpha \sin \omega + \cos \omega)}{\operatorname{tg} \alpha \sin \omega + \cos \omega}.$$

Or, $\frac{\operatorname{tg}\alpha\cos\omega - \sin\omega}{\operatorname{tg}\alpha\sin\omega + \cos\omega}$ donne, en divisant partout par $\cos\omega$:

$$\frac{\operatorname{tg}\alpha - \operatorname{tg}\omega}{\operatorname{tg}\alpha\operatorname{tg}\omega + 1} = \operatorname{tg}(\alpha - \omega).$$

On a donc finalement :

$$F = (P + q)\left[\cos\varepsilon\operatorname{tg}(\alpha - \omega) + \sin\varepsilon\right],$$

ou : $$F = (P + q)\left[\operatorname{tg}(\alpha - \omega) + \operatorname{tg}\varepsilon\right]\cos\varepsilon. \qquad [4]$$

Et le moment de la poussée élémentaire, pris par rapport au point O *(fig. 1)*, peut s'écrire :

$$F\,.\,y = \left[\operatorname{tg}(\alpha - \omega) + \operatorname{tg}\varepsilon\right]\cos\varepsilon\,(P + q)y.$$

De sorte qu'en appelant F_mY le moment résultant de toutes les poussées élémentaires, il vient :

$$F_mY = \left[\operatorname{tg}(\alpha - \omega) + \operatorname{tg}\varepsilon\right]\cos\varepsilon\left[\Sigma qy + \Sigma Py\right]. \qquad [A]_0$$

Telle est l'expression générale du *moment de renversement*, développé par la poussée des terres (y compris surcharge quelconque), contre le mur qui soutient ces terres.

5. — Recherche de la poussée résultante. — Supposons encore le problème résolu, en ce qui concerne la *poussée* des terres, contre la paroi $\overline{OA}$ du mur *(fig. 1)*; c'est-à-dire : en ce qui concerne la force qui tend à produire le *glissement* du mur. Et soit ω_0, l'angle au sommet du *coin*, qui donnerait la poussée maxima.

Les mêmes raisonnements qu'au n° 4, nous conduisent de suite à une formule identique à [4], dans laquelle il suffit de remplacer : ω par ω_0, F par F_0, q par q_0, P par P_0, pour avoir l'expression de la poussée élémentaire :

$$F_0 = \left[\operatorname{tg}(\alpha - \omega_0) + \operatorname{tg}\varepsilon\right]\cos\varepsilon\,(P_0 + q_0).$$

En appelant F_{m0} la résultante de toutes ces poussées élémentaires, il vient :

$$F_{m0} = \left[\operatorname{tg}(\alpha - \omega_0) + \operatorname{tg}\varepsilon\right]\cos\varepsilon\left[\Sigma q_0 + \Sigma P_0\right] \qquad [B]_0$$

Telle est l'expression générale de la *poussée résultante* qui tend à produire le glissement du mur.

6. — Recherche de $\Sigma qy + \Sigma Py$. — q (voir n° 4), est le poids de la tranche mince $\overline{nn_1}$ *(fig. 1)*, d'épaisseur : e, de largeur : **1** m, de

longueur $\overline{mn_1} = l$. Si ces mesures sont en mètres, et si D est le poids du mètre cube des terres, on a :

$$q = Del.$$

Dans le sens de son épaisseur e, cette tranche intercepte, sur $\overline{OA}$, une partie égale à $\frac{e}{\sin \omega}$.

Prenons cette partie pour épaisseur nouvelle, et traçons, de n_1 en n_2, perpendiculairement à OA, une autre tranche d'épaisseur $\frac{e}{\sin \omega}$, de largeur $= 1\ m$, de longueur $\overline{n_1 n_2} = l_0$, telle que l'on ait :

$$q = \frac{e}{\sin \omega} l_0;$$

il viendra :

$$qy = \frac{el_0}{\sin \omega} y.$$

Si l'on en fait autant pour toutes les parties du *coin* des terres, on constituera, suivant OAB_2C_2O, un prisme à section transformée *équivalent :* en disposition des tranches, et aussi en poids de chaque tranche, au prisme primitif OABCO.

Or, multiplier le poids de chaque tranche de ce deuxième prisme par y et faire la somme, revient à chercher la hauteur y_1 du centre de gravité G_1' de ce prisme, au-dessus de la droite $\overline{OC_2}$, et à multiplier cette hauteur, par le poids total Q du prisme. Cela s'écrit :

$$\Sigma qy = Qy_1. \qquad [5]$$

Ce qui vient d'être dit pour q, peut se répéter pour P. Et l'on constituera, suivant $d_2f_2g_2h_2k_2C_2d_2$, un solide prismatique à section transformée *équivalent :* en disposition des tranches et aussi en poids de chaque tranche, au solide prismatique primitif : $df_0g_0h_0k_0Cd$.

Il suffit donc encore de chercher la hauteur y_2 du centre de gravité G_2, au-dessus de la droite prolongée OC_2, et de multiplier cette hauteur par le poids total P_m de la portion de surcharge qui pose sur la tête du *coin* de poussée, pour avoir :

$$\Sigma Py = P_m y_2 \qquad [6]$$

Première remarque. — Quand on opère graphiquement, et que l'on se sert d'un intégrateur pour obtenir le centre de gravité, au lieu de chercher séparément les deux hauteurs $y_1 y_2$, on peut

obtenir, de suite, la hauteur résultante Y du centre de gravité G de la figure résultante : $OAB_2d_2f_2g_2h_2k_2O$, et multiplier cette hauteur par la somme du poids $(Q + P_m)$.

Deuxième remarque. — On trouve exactement la même valeur pour y_1, en cherchant directement le centre de gravité G_1 du prisme de terre primitif : OABCO, et en projetant G_1 sur $\overline{OA}$, parallèlement à $\overline{CO}$ en M.

Il en est absolument de même, pour le centre de gravité G', de la portion de surcharge à considérer, sur la tête du *coin*. Il faut projeter d'abord G' verticalement, en G_0; puis projeter G_0, à son tour, sur $\overline{OA}$, en g_0 parallèlement à $\overline{CO}$.

Et quand nous parlons de chercher les centres de gravité G_1G', il faut entendre qu'il suffit de trouver la distance Z_1 de G_1 à $\overline{CO}$, et la distance x_0 de G' à OY.

Troisième remarque — En observant que $y = \frac{z}{\sin \omega}$, on peut encore chercher d'abord la distance Z_1, de G_1 à $\overline{CO}$, puis la distance Z_0 de G_0 à $\overline{CO}$, et écrire :

$$\Sigma qy + \Sigma Py = \frac{QZ_1 + P_mZ_0}{\sin \omega}. \qquad [7]$$

7. — RECHERCHE DE $\Sigma q_0 + \Sigma P_0$. — q_0 et P_0 sont les valeurs de q et de P, pour la valeur ω_0 de ω, correspondant au *coin* de *poussée maxima*, au lieu du coin de *moment maximum*.

Il est clair que Σq_0, que nous désignerons par Q_0, ne diffère de $\Sigma q = Q$ que par l'addition, ou la soustraction, d'un petit triangle de terre, dont le sommet reste en O, et dont la base s'étend, à droite ou à gauche de C, suivant que ω_0 est plus grand ou plus petit que ω.

De même ΣP_0, que nous désignerons par P_{m0}, ne diffère de $\Sigma P = P_m$, que par l'addition ou la soustraction d'un petit parallélogramme, ou d'un petit trapèze, de la surcharge distincte, placé à droite ou à gauche de $\overline{Ck_0}$, suivant encore que ω_0 est plus grand, ou plus petit que ω.

Les valeurs de Q_0 et de P_{m0} sont donc très faciles à établir, dès qu'on connaît les valeurs de ω et de ω_0.

8. — VALEUR DE L'ANGLE AU SOMMET DU COIN DE POUSSÉE. — D'après ce qui vient d'être dit, les deux formules $[A]_0$ $[B]_0$ peuvent s'écrire avec [5] et [6] :

$$F_m Y = \left[\operatorname{tg}(\alpha - \omega) + \operatorname{tg}\varepsilon\right] \cos\varepsilon \,(Q y_1 + P_m y_2); \qquad [A]_1$$

$$F_{m0} = \left[\operatorname{tg}(\alpha - \omega_0) + \operatorname{tg}\varepsilon\right] \cos\varepsilon \,(Q_0 + P_{m0}). \qquad [B]_1$$

On voit que la recherche du *moment de renversement maximum* et de la *poussée de glissement maxima* est ramenée à l'évaluation : de la section, du poids, et du centre de gravité, tant du *coin* que de la surcharge distincte posée sur la tête de ce coin; le tout multiplié par un certain coefficient : $\left[\operatorname{tg}(\alpha - \omega) + \operatorname{tg}\varepsilon\right] \cos\varepsilon$, qui dépend de la valeur des angles : α, ε, ω et ω_0. Ceci, à la condition que ces angles soient connus.

Les angles α et ε sont des données du problème.

Les angles ω et ω_0 n'ont pas encore été déterminés. Nous avons admis seulement (voir n° 4), avec Poncelet, qu'ils doivent correspondre : ω, au *maximum du moment de renversement;* ω_0, *au maximum de la poussée de glissement.*

$[A]_1$ et $[B]_1$ montrent que le moment, comme la poussée, sont le produit de deux facteurs, dont le second est enfermé dans la parenthèse ( ). Le premier de ces facteurs décroît, quand ω ou ω_0 augmente. Le second croît, au contraire, à mesure que ω ou ω_0 augmente.

Il y a donc bien une certaine valeur de l'angle au sommet du coin, qui donne chaque maximum demandé.

De plus, et c'est une remarque qui a son importance, il est évident que la valeur qui donne chaque maximum demandé, est comprise, pour ω comme pour ω_0, entre zéro et $(\alpha + \varepsilon)$. En effet, pour ω et $\omega_0 = 0$, Q comme P_m, Q_0 comme P_{m0}, deviennent nuls. Par suite, $F_m Y$ comme F_{m0}, sont nuls aussi. Pour ω et ω_0 compris entre 0 et $(\alpha + \varepsilon)$, $F_m Y$ comme F_{m0}, ont une valeur positive. Pour ω et $\omega_0 = (\alpha + \varepsilon)$, le premier facteur devient nul. Par suite, $F_m Y$, comme F_{m0}, sont nuls aussi, de nouveau.

Pour ω et ω_0 plus petits que 0, ou plus grands que $(\alpha + \varepsilon)$, le problème de la recherche du maximum de $F_m Y$, comme de F_{m0}, peut comporter des solutions théoriques. Mais ces solutions n'intéressent plus le calcul des murs de soutènement, parce qu'elles ne seraient pas effectivement réalisables.

Cela circonscrit utilement le champ, très étendu et très aride, de la recherche des maximums.

9. — RECHERCHE GRAPHIQUE DE L'ANGLE AU SOMMET DU COIN D'ACTION MAXIMA. — Si, dans la figure 1, on fait varier ω ou ω_0; c'est-à-dire : si l'on déplace le point C, d'abord vers la droite, puis

vers la gauche, on peut trouver, assez vite graphiquement, les nouvelles valeurs de $QQ_0P_mP_{m0}y_1y_2$, qui entrent dans le deuxième facteur des formules $[A]_1$ $[B]_1$; puis la valeur du premier facteur, et enfin la nouvelle valeur de leur produit, c'est-à-dire : F_mY et F_{m0}.

Si ces deux nouvelles valeurs sont, l'une et l'autre, plus petites que la première, c'est que le maximum de F_mY, comme de F_{m0}, correspond bien au premier angle ω et ω_0 choisi.

Et l'on peut s'en tenir là. Parce que, dans le voisinage de son maximum, la valeur d'une fonction varie toujours très peu, même pour des écarts sensibles de la variable.

Si les trois valeurs établies pour F_mY, et les trois valeurs établies pour F_{m0}, croissent ou décroissent d'une manière continue, il est aisé d'en chercher d'autres, dans le sens qui convient et d'approcher, de plus en plus, des maximums cherchés.

10. — RECHERCHE ANALYTIQUE DE L'ANGLE, AU SOMMET DU COIN D'ACTION MAXIMA. — Pour trouver analytiquement la valeur de ω qui rend F_mY maximum, dans $[A]_1$ et la valeur de ω_0, qui rend F_{m0} maximum, dans $[B]_1$, il faut commencer par exprimer : $QP_my_1y_2$, puis Q_0P_{m0}, en fonction de l'angle variable au sommet du coin.

Dans la figure 1, en appelant D le poids du mètre cube de terre :

On a : $Q = D$[surface du triangle OEC — surface du triangle AEB];

ou : $$Q = D\frac{H^2}{2}\left[\operatorname{tg}(\omega-\varepsilon)+\operatorname{tg}\varepsilon\right]-D\frac{h_0^2}{2}\left[\operatorname{tg}\theta+\operatorname{tg}\varepsilon\right]. \qquad [8]$$

On a de même :

$$Q_0 = D\frac{H^2}{2}\left[\operatorname{tg}(\omega_0-\varepsilon)+\operatorname{tg}\varepsilon\right]-D\frac{h_0^2}{2}\left[\operatorname{tg}\theta+\operatorname{tg}\varepsilon\right]. \qquad [9]$$

[9] permet d'écrire dans $[B]_1$:

$$\left.\begin{aligned} F_{m0} &= \left[\operatorname{tg}(\alpha-\omega_0)+\operatorname{tg}\varepsilon\right]\frac{D\cos\varepsilon}{2} \\ &\left[H^2\left\{\operatorname{tg}(\omega_0-\varepsilon)+\operatorname{tg}\varepsilon\right\}-h_0^2(\operatorname{tg}\theta+\operatorname{tg}\varepsilon)\right] \end{aligned}\right\} \quad [10]$$

Au point A *(fig. 1)*, il faut poser : $H = h_0$ et $F_{m0} = 0$. Car, si une poussée des terres subsistait au-dessus de la crête du mur, le

talus AB ne pourrait rester en équilibre et s'ébouleraît. Cela donne, dans [10] :

$$0 = \left[\operatorname{tg}(\alpha - \omega_0) + \operatorname{tg}\varepsilon\right]\frac{D\cos\varepsilon}{2}h_0^2\left[\operatorname{tg}(\omega_0 - \varepsilon) - \operatorname{tg}\theta\right].$$

Or, cette équation de condition ne peut être satisfaite que si :

$$\theta = (\omega_0 - \varepsilon). \qquad [11]$$

Ceci est, pour θ, une valeur minima. Si θ était plus grand que $(\omega_0 - \varepsilon)$, il en résulterait, pour F_{m0}, une valeur négative. C'est-à-dire : qu'au lieu de pousser, sur le mur, au point A, le talus AB *tendrait* à s'en écarter. Ce qui n'a pas d'inconvénient.

Comme, dans nos calculs, nous devons chercher les conditions les plus défavorables à la stabilité du mur, nous admettrons la condition exprimée par [11]. C'est-à-dire que nous devons poser :

dans [8] : $\theta = (\omega - \varepsilon)$;
dans [9] : $\theta = (\omega_0 - \varepsilon)$. } [12]

Ce qui oblige à écrire ces deux formules, comme suit :

[8] $$Q = \left[\operatorname{tg}(\omega - \varepsilon) + \operatorname{tg}\varepsilon\right]\frac{D}{2}(H^2 - h_0^2); \qquad [13]$$

[9] $$Q_0 = \left[\operatorname{tg}(\omega_0 - \varepsilon) + \operatorname{tg}\varepsilon\right]\frac{D}{2}(H^2 - h_0^2). \qquad [14]$$

Pour avoir le moment résultant Qy_1, il suffit d'exprimer qu'il est la différence des moments des deux prismes OEC et AEB.

Le poids du prisme OEC^2, équivalent de OEC, est : $D\frac{H^2}{2}\left[\operatorname{tg}(\omega - \varepsilon) + \operatorname{tg}\varepsilon\right]$. Et la hauteur de son centre de gravité, au-dessus de la droite $\overline{OC_2}$, est : $\frac{H}{3\cos\varepsilon}$.

De même, en vertu de [12], θ étant égal à $(\omega - \varepsilon)$, $\overline{AB}$ doit être parallèle à $\overline{OC}$; et $\overline{AB_2}$ parallèle à $\overline{OC_2}$ (voir n° 6).

Par suite, le poids du prisme AEB_2 équivalent de AEB, est : $D\frac{h_0^2}{2}\left[\operatorname{tg}(\omega - \varepsilon) + \operatorname{tg}\varepsilon\right]$; et la hauteur de son centre de gravité, au-dessus de la droite $\overline{OC_2}$, est : $\left(H - \frac{2h_0}{3}\right)\frac{1}{\cos\varepsilon}$.

Il faut donc écrire, pour l'expression du moment résultant :

$$Qy_1 = D\frac{H^2}{2}\left[\operatorname{tg}(\omega - \varepsilon) + \operatorname{tg}\varepsilon\right]\frac{H}{3\cos\varepsilon} - D\frac{h_0^2}{2}\left[\operatorname{tg}(\omega - \varepsilon) + \operatorname{tg}\varepsilon\right]\frac{3H - 2h_0}{3\cos\varepsilon}$$

ou : $$Qy_1 = \left[\operatorname{tg}(\omega - \varepsilon) + \operatorname{tg}\varepsilon\right]\frac{D}{6\cos\varepsilon}\left[H^3 - 3Hh_0^2 + 2h_0^3\right].$$

11. — RECHERCHE ANALYTIQUE DE P_m ET DE y_2. — Le poids P_m de la surcharge distincte, de même que la distance x_0 du centre de gravité G' *(fig. 1)* de cette surcharge, à l'axe OY, doivent être considérés comme des données obligatoires du problème.

Si la surcharge ne déborde pas la tête du *coin*, c'est-à-dire : si elle ne s'étend pas, à droite du point C, P_m et x_0 sont des données réelles.

Si la surcharge s'étend, à droite du point C, il faut prendre, sans crainte de l'exagérer, une partie additionnelle, qui donne pleine sécurité, dans les calculs de la poussée et du moment maximums.

L'exagération, ici, ne tire pas à conséquence. D'abord, parce que cela ne peut que conduire à un mur plus robuste. Ensuite, parce que cette exagération porte, en elle-même peut-on dire, son correctif.

En effet, en ajoutant de la surcharge vers la droite du point C, on augmente le poids P_m, mais on augmente, en même temps x_0; de sorte que G_0 se projette plus bas, et y_2 devient plus petit. Le moment $P_m y_2$ n'est donc pas, par là, beaucoup altéré.

Dans la figure 1, on a : $\overline{E_0C} = x_0 + \overline{G_0C}$.

Mais : $$\overline{E_0C} = H \operatorname{tg}(\omega - \varepsilon);$$

puis : $$\overline{G_0C} = g_0c_0 = y_2 \cos\varepsilon \left[\operatorname{tg}(\omega - \varepsilon) + \operatorname{tg}\varepsilon\right];$$

donc : $$H \operatorname{tg}(\omega - \varepsilon) = x_0 + y_2 \cos\varepsilon \left[\operatorname{tg}(\omega - \varepsilon) + \operatorname{tg}\varepsilon\right];$$

d'où : $$y_2 = \frac{H \operatorname{tg}(\omega - \varepsilon) - x_0}{\cos\varepsilon \left[\operatorname{tg}(\omega - \varepsilon) + \operatorname{tg}\varepsilon\right]}. \qquad [16]$$

On a, par suite, dans $[A]_1$, avec [15] :

$$F_m Y = \left[\operatorname{tg}(\alpha - \omega) + \operatorname{tg}\varepsilon\right] \left\{ (H^3 - 3Hh_0^2 + 2h_0^3) \left[\operatorname{tg}(\omega - \varepsilon) + \operatorname{tg}\varepsilon\right] + \frac{P_m H \operatorname{tg}(\omega - \varepsilon) - P_m x_0}{\operatorname{tg}(\omega - \varepsilon) + \operatorname{tg}\varepsilon} \right\} \frac{D}{6}.$$

Posons : $$\frac{6P_m H}{D(H^3 - 3Hh_0^2 + 2h_0^3)} = k;$$

et : $$\frac{6P_m x_0}{D(H^3 - 3Hh_0^2 + 2h_0^3)} = k_1; \qquad [17]$$

Puis, mettons $\frac{D}{6}(H^3 - 3Hh_0^2 + 2h_0^3)$ en facteur commun. Nous pourrons écrire, pour valeur de $F_m Y$:

$$\left.\begin{aligned} F_m Y = \frac{D}{6}(H^3 - 3Hh_0^2 + 2h_0^3)\left[\operatorname{tg}(\alpha - \omega) + \operatorname{tg}\varepsilon\right] \\ \left[\operatorname{tg}(\omega - \varepsilon) + \operatorname{tg}\varepsilon + \frac{k\operatorname{tg}(\omega - \varepsilon) - k_1}{\operatorname{tg}(\omega - \varepsilon) + \operatorname{tg}\varepsilon}\right]. \end{aligned}\right\} [A]_2$$

12. — Recherche analytique du moment de renversement maximum. — Pour obtenir la valeur de ω, qui donne $F_m Y$ maximum, dans $[A]_2$, il faut, comme on sait, prendre la dérivée première, par rapport à ω, et l'égaler à zéro. Cela donne une équation dont on tire ω.

Séparons l'expression de $F_m Y$ en deux termes, savoir :

1er terme : $\left[\operatorname{tg}(\alpha - \omega) + \operatorname{tg}\varepsilon\right]\left[\operatorname{tg}(\omega - \varepsilon) + \operatorname{tg}\varepsilon\right]$; [18]

2e terme : $\left[\operatorname{tg}(\alpha - \omega) + \operatorname{tg}\varepsilon\right]\frac{k\operatorname{tg}(\omega - \varepsilon) - k_1}{\operatorname{tg}(\omega - \varepsilon) + \operatorname{tg}\varepsilon}$. [19]

$$\left.\begin{aligned} &\text{Posons :} \quad (\omega - \varepsilon) = \varphi ; \quad (\alpha - \varepsilon) = \beta ; \\ &\qquad\quad (\alpha - \omega) = \psi ; \\ &\text{Nous aurons :} \quad \varphi + \psi = \alpha - \varepsilon = \beta. \\ &\text{Donc :} \quad \operatorname{tg}(\omega - \varepsilon) = \operatorname{tg}\varphi ; \\ &\text{Et :} \quad \operatorname{tg}(\alpha - \omega) = \operatorname{tg}\psi = \operatorname{tg}(\beta - \varphi) = \frac{\operatorname{tg}\beta - \operatorname{tg}\varphi}{1 + \operatorname{tg}\beta\operatorname{tg}\varphi}. \end{aligned}\right\} [20]$$

Le premier terme [18] peut s'écrire, avec [20] :

$$\left[\frac{\operatorname{tg}\beta - \operatorname{tg}\varphi}{1 + \operatorname{tg}\beta\operatorname{tg}\varphi} + \operatorname{tg}\varepsilon\right](\operatorname{tg}\varphi + \operatorname{tg}\varepsilon) ;$$

ou : $$\frac{[\operatorname{tg}\beta - \operatorname{tg}\varphi + \operatorname{tg}\varepsilon + \operatorname{tg}\varepsilon\operatorname{tg}\beta\operatorname{tg}\varphi](\operatorname{tg}\varphi + \operatorname{tg}\varepsilon)}{1 + \operatorname{tg}\beta\operatorname{tg}\varphi} ;$$

ou : $$\frac{\left[-\operatorname{tg}\varphi(1 - \operatorname{tg}\beta\operatorname{tg}\varepsilon) + \operatorname{tg}\beta + \operatorname{tg}\varepsilon\right](\operatorname{tg}\varphi + \operatorname{tg}\varepsilon)}{1 + \operatorname{tg}\beta\operatorname{tg}\varphi} ;$$

ou : $$\frac{-\operatorname{tg}^2\varphi(1 - \operatorname{tg}\beta\operatorname{tg}\varepsilon) + \operatorname{tg}\varphi\operatorname{tg}\beta(1 + \operatorname{tg}^2\beta) + \operatorname{tg}\varepsilon(\operatorname{tg}\beta + \operatorname{tg}\varepsilon)}{1 + \operatorname{tg}\beta\operatorname{tg}\varphi}.$$

La dérivée première, par rapport à φ, de ce premier terme, donne, tous calculs faits :

$$\Delta = \frac{1+\operatorname{tg}^2\varphi}{(1+\operatorname{tg}\beta\operatorname{tg}\varphi)^2}(1-\operatorname{tg}\beta\operatorname{tg}\varepsilon)[-\operatorname{tg}\beta\operatorname{tg}^2\varphi - 2\operatorname{tg}\varphi + \operatorname{tg}\beta]. \quad [21]$$

Le second terme [19] peut s'écrire, avec [20] :

$$\left[\frac{\operatorname{tg}\beta - \operatorname{tg}\varphi}{1+\operatorname{tg}\beta\operatorname{tg}\varphi} + \operatorname{tg}\varepsilon\right]\left[\frac{k\operatorname{tg}\varphi - k_1}{\operatorname{tg}\varphi + \operatorname{tg}\varepsilon}\right];$$

ou :

$$\frac{-\operatorname{tg}^2\varphi k(1-\operatorname{tg}\beta\operatorname{tg}\varepsilon)+\operatorname{tg}\varphi\left[k(\operatorname{tg}\beta+\operatorname{tg}\varepsilon)+k_1(1-\operatorname{tg}\beta\operatorname{tg}\varepsilon)\right]-k_1(\operatorname{tg}\beta+\operatorname{tg}\varepsilon)}{\operatorname{tg}^2\varphi\operatorname{tg}\beta+\operatorname{tg}\varphi(1+\operatorname{tg}\beta\operatorname{tg}\varepsilon)+\operatorname{tg}\varepsilon}.$$

La dérivée première, par rapport à φ, de ce deuxième terme donne, tous calculs faits :

$$\Delta_1 = \frac{1+\operatorname{tg}^2\varphi}{(1+\operatorname{tg}\varphi\operatorname{tg}\varepsilon)^2(\operatorname{tg}\varphi+\operatorname{tg}\varepsilon)^2}\left\{\begin{array}{l} -\operatorname{tg}^2\varphi\left[k(1+\operatorname{tg}\beta\operatorname{tg}\varepsilon)(1-\operatorname{tg}\beta\operatorname{tg}\varepsilon)\right. \\ \quad +k\operatorname{tg}\beta(\operatorname{tg}\beta+\operatorname{tg}\varepsilon) \\ \quad \left.+k_1\operatorname{tg}\beta(1-\operatorname{tg}\beta\operatorname{tg}\varepsilon)\right] \\ -2\operatorname{tg}\varphi\left[k\operatorname{tg}\varepsilon(1-\operatorname{tg}\beta\operatorname{tg}\varepsilon)\right. \\ \quad \left.-k_1\operatorname{tg}\beta(\operatorname{tg}\beta+\operatorname{tg}\varepsilon)\right] \\ +\operatorname{tg}\varepsilon\left[k(\operatorname{tg}\beta+\operatorname{tg}\varepsilon)\right. \\ \quad \left.+k_1(1-\operatorname{tg}\beta\operatorname{tg}\varepsilon)\right] \\ +k_1(1+\operatorname{tg}\beta\operatorname{tg}\varepsilon)(\operatorname{tg}\beta+\operatorname{tg}\varepsilon) \end{array}\right\} \quad [22]$$

Pour trouver la valeur de $\varphi = (\omega - \varepsilon)$, qui donne le maximum de F_mY, dans $[A]_2$, il faut poser : $\Delta + \Delta_1 = 0$. Ou $\Delta = -\Delta_1$.

Par suite, nous pouvons : d'abord, supprimer le terme commun à Δ et à Δ_1 : $\frac{1+\operatorname{tg}^2\varphi}{(1+\operatorname{tg}\beta\operatorname{tg}\varepsilon)^2}$; puis, nous pouvons diviser partout par $1 - \operatorname{tg}\beta\operatorname{tg}\varepsilon$; en remarquant que, en vertu de [20] :

$$\frac{\operatorname{tg}\beta+\operatorname{tg}\varepsilon}{1-\operatorname{tg}\beta\operatorname{tg}\varepsilon} = \operatorname{tg}(\beta-\varepsilon) = \operatorname{tg}\alpha.$$

Il reste alors :

Pour Δ, dans [21] :

$$-\operatorname{tg}\beta\operatorname{tg}^2\varphi - 2\operatorname{tg}\varphi + \operatorname{tg}\beta;$$

Puis, pour Δ_1, dans [22] :

$$\frac{1}{(\operatorname{tg}\varphi+\operatorname{tg}\varepsilon)^2}\left[\begin{array}{l}-\operatorname{tg}^2\varphi\left[k(1+\operatorname{tg}\beta\operatorname{tg}\varepsilon+\operatorname{tg}\beta\operatorname{tg}\alpha)+k_1\operatorname{tg}\beta\right]\\+2\operatorname{tg}\varphi\left[k_1\operatorname{tg}\beta\operatorname{tg}\alpha-k\operatorname{tg}\varepsilon\right]\\+k_1\operatorname{tg}\alpha(1+\operatorname{tg}\beta\operatorname{tg}\varepsilon)+\operatorname{tg}\varepsilon(k\operatorname{tg}\alpha+k_1)\end{array}\right\}\ [23]$$

Posons, par abréviation :

$$\left.\begin{array}{l}a=\left[k(1+\operatorname{tg}\beta\operatorname{tg}\varepsilon+\operatorname{tg}\beta\operatorname{tg}\alpha)+k_1\operatorname{tg}\beta\right];\\2b=2\left[k_1\operatorname{tg}\beta\operatorname{tg}\alpha-k\operatorname{tg}\varepsilon\right];\\c=\left[k_1\operatorname{tg}\alpha(1+\operatorname{tg}\beta\operatorname{tg}\varepsilon)+\operatorname{tg}\varepsilon(k\operatorname{tg}\alpha+k_1)\right].\end{array}\right\}\ [24]$$

Nous pourrons écrire la formule finale :

$$\Delta=-\Delta_1,$$

ou :

$$(\operatorname{tg}\varphi+\operatorname{tg}\varepsilon)^2[-\operatorname{tg}\beta\operatorname{tg}^2\varphi-2\operatorname{tg}\varphi+\operatorname{tg}\beta]=a\operatorname{tg}^2\varphi-2b\operatorname{tg}\varphi-c. \quad [25]$$

C'est, on le voit, une équation complète, du quatrième degré, en fonction de φ.

Cette équation peut se résoudre facilement et rapidement, comme suit :

Donner à tg φ ou tg $(\omega-\varepsilon)$ (voir [20]) les valeurs successives : 0,2 0,3 0,4 .... Comme dans [25] tout est connu, sauf tg φ, on obtient, aisément et séparément, les valeurs successives du premier membre et du second membre.

Sur deux axes rectangulaires porter, au fur et à mesure des calculs, en abscisse : les valeurs successives de tg φ ; en ordonnée : la valeur correspondante du premier et du second membre.

Par chaque extrémité des ordonnées représentant le premier membre, de même que par chaque extrémité des ordonnées représentant le second membre, tracer la courbe des valeurs successives du premier et du second membre. On reconnaîtra de suite que ces deux courbes convergent l'une vers l'autre.

Dès qu'on aura atteint le point où elles se coupent, l'équation sera résolue. Et la valeur réelle de tg $\varphi=\operatorname{tg}(\omega-\varepsilon)$, qui annule [25], c'est-à-dire $\Delta+\Delta_1$, sera donnée par l'abscisse de leur point d'intersection.

Connaissant tg $(\omega-\varepsilon)$, on aura, par là même, ω. Et cette valeur de ω étant celle qui correspond au moment de renversement

maximum, comme on l'a dit, il suffit de l'introduire dans $[A]_1$ pour obtenir la grandeur cherchée de ce moment maximum.

C'est le cas de rappeler ici ce qui a été dit au numéro 8. A savoir : que cette valeur de ω est nécessairement comprise entre zéro et $(\alpha + \varepsilon)$. Il peut y en avoir et il y en a certainement d'autres, puisque [25] est du quatrième degré. Mais ces autres valeurs n'ont pas d'intérêt, au point de vue du calcul des murs de soutènement.

Cette méthode, absolument générale, est très sûre. On verra plus loin qu'elle se simplifie notablement, dans un grand nombre de cas particuliers (nos 14 et 15).

13. — Recherche analytique de la poussée de glissement maxima. — En se reportant au numéro 10, on trouve, dans [14], la valeur de Q_0.

La valeur de P_{m0} peut, sans inconvénient, se prendre la même que celle de P_m (voir n° 11).

De sorte que l'expression de la poussée doit s'écrire, dans $[B]_1$, avec [14] :

$$F_{m0} = \left[\operatorname{tg}(\alpha - \omega_0) + \operatorname{tg}\varepsilon\right] \cos\varepsilon \left\{\left[\operatorname{tg}(\omega_0 - \varepsilon) + \operatorname{tg}\varepsilon\right]\frac{D}{2}(H^2 - h_0^2) + P_{m0}\right\}. \quad [B]_2$$

Posons : $(\omega_0 - \varepsilon) = \varphi_0$; $(\alpha - \varepsilon) = \beta$;
$(\alpha - \omega_0) = \psi_0$;

Nous aurons : $\varphi_0 + \psi_0 = (\alpha - \varepsilon) = \beta$.

Donc : $\operatorname{tg}(\omega_0 - \varepsilon) = \operatorname{tg}\varphi_0$;

et : $\operatorname{tg}(\alpha - \omega_0) = \operatorname{tg}\psi_0 = \operatorname{tg}(\beta - \varphi_0) = \dfrac{\operatorname{tg}\beta - \operatorname{tg}\varphi_0}{1 + \operatorname{tg}\beta \operatorname{tg}\varphi_0}$. [26]

Posons de plus : $\dfrac{2P_{m0}}{D(H^2 - h_0^2)} = k_0$. [27]

La valeur de F_{m0}, dans $[B]_2$, pourra s'écrire :

$$F_{m0} = \frac{D}{2}(H^2 - h_0^2) \cos\varepsilon \left[\frac{\operatorname{tg}\beta - \operatorname{tg}\varphi_0}{1 + \operatorname{tg}\beta \operatorname{tg}\varphi_0} + \operatorname{tg}\varepsilon\right][\operatorname{tg}\varphi_0 + \operatorname{tg}\varepsilon + k_0]. \quad [B]_2'$$

Pour avoir la valeur de $\varphi_0 = (\omega_0 - \varepsilon)$, qui donne F_{m0} maximum, il faut prendre, dans $[B]_2'$, la dérivée première par rapport à φ_0 et l'égaler à zéro. Cela donnera une équation dont on tirera ω_0. Il vient, en réduisant d'abord $[B]_2'$ au même dénominateur et en ordonnant par rapport aux puissantes décroissantes de $\operatorname{tg}\varphi_0$:

$$\frac{1}{1+\operatorname{tg}\varphi_0\operatorname{tg}\beta}\left\{\begin{array}{l}-\operatorname{tg}^2\varphi_0(1-\operatorname{tg}\beta\operatorname{tg}\varepsilon)\\+\operatorname{tg}\varphi_0\left[-k_0+\operatorname{tg}\beta(1+\operatorname{tg}^2\varepsilon+k_0\operatorname{tg}\varepsilon)\right]\\+(\operatorname{tg}\varepsilon+k_0)(\operatorname{tg}\beta+\operatorname{tg}\varepsilon)\end{array}\right\}\quad[28]$$

La dérivée première, par rapport à φ_0, de [28], est la suivante, tous calculs faits :

$$\Delta_0=\frac{1+\operatorname{tg}^2\varphi_0}{(1+\operatorname{tg}\varphi_0\operatorname{tg}\beta)^2}\left\{\begin{array}{l}-\operatorname{tg}^2\varphi_0\operatorname{tg}\beta(1-\operatorname{tg}\beta\operatorname{tg}\varepsilon)\\-2\operatorname{tg}\varphi_0(1-\operatorname{tg}\beta\operatorname{tg}\varepsilon)\\+\operatorname{tg}\beta(1-\operatorname{tg}\beta\operatorname{tg}\varepsilon)-k_0(1+\operatorname{tg}^2\varepsilon).\end{array}\right\}\quad[29]$$

Si dans [29] on faisait $k_0=0$, on retomberait sur [21], comme cela doit être. Ce qui est une vérification.

En égalant [29] à zéro il reste, après avoir changé tous les signes :

$$\operatorname{tg}^2\varphi_0\operatorname{tg}\beta+2\operatorname{tg}\varphi_0-\operatorname{tg}\beta+k_0\frac{1+\operatorname{tg}^2\varepsilon}{1-\operatorname{tg}\beta\operatorname{tg}\varepsilon}=0;$$

ou :
$$\operatorname{tg}^2\varphi_0+\frac{2}{\operatorname{tg}\beta}\varphi_0-1+k_0\frac{1+\operatorname{tg}^2\varepsilon}{\operatorname{tg}\beta(1-\operatorname{tg}\beta\operatorname{tg}\varepsilon)}=0.$$

d'où l'on tire :

$$\operatorname{tg}\varphi_0=\operatorname{tg}(\omega_0-\varepsilon)=-\frac{1}{\operatorname{tg}\beta}\pm\sqrt{\frac{1}{\operatorname{tg}^2\beta}+1-k_0\frac{1+\operatorname{tg}^2\varepsilon}{\operatorname{tg}\beta(1-\operatorname{tg}\beta\operatorname{tg}\varepsilon)}}.$$

Et enfin, en remplaçant β par $(\alpha-\varepsilon)$ (voir [26]) et en remarquant que, dans le cas qui nous occupe, $\operatorname{tg}(\omega_0-\varepsilon)$ doit avoir une valeur nécessairement positive pour répondre à des conditions réalisables, il reste :

$$\left.\begin{array}{l}\operatorname{tg}(\omega_0-\varepsilon)=-\dfrac{1}{\operatorname{tg}(\alpha-\varepsilon)}\\+\sqrt{\dfrac{1}{\operatorname{tg}^2(\alpha-\varepsilon)}+1-k_0\dfrac{1+\operatorname{tg}^2\varepsilon}{\operatorname{tg}(\alpha-\varepsilon)\left[1-\operatorname{tg}\varepsilon\operatorname{tg}(\alpha-\varepsilon)\right]}}.\end{array}\right\}\quad[30]$$

Telle est la formule qui donne la valeur rigoureuse de l'angle ω_0, au sommet du coin, correspondant à la *poussée de glissement maxima*, dans le cas général ; c'est-à-dire quand, par-dessus la surcharge en terre, il existe une surcharge distincte, comme P_{w0}, qui entre dans k_0 (voir [27]).

14. — CAS PARTICULIERS. — Les formules [25] et [29] se simplifient notablement dans les cas particuliers. En effet, pour $k=0$,

$k_1 = 0$, $k_0 = 0$, c'est-à-dire quand P_m et P_{m0} sont nuls, a, b et c s'annulent aussi dans [24]. Et [25], comme [29] et [30], donnent:

$$(P_m = 0,\ P_{m0} = 0) \quad \left.\begin{array}{l} \operatorname{tg}(\omega - \varepsilon) = \operatorname{tg}(\omega_0 - \varepsilon) = -\dfrac{1}{\operatorname{tg}(\alpha - \varepsilon)} \\ \qquad + \sqrt{\dfrac{1}{\operatorname{tg}^2(\alpha - \varepsilon)} + 1}. \end{array}\right\} \quad [31]$$

On peut mettre [31] sous une forme plus commode et plus frappante. On sait que (voir [20]):

$$(\omega - \varepsilon) = \varphi; \qquad (\alpha - \varepsilon) = \beta.$$

[31] peut donc s'écrire:

$$\operatorname{tg}\varphi = \frac{1}{\operatorname{tg}\beta}\left[\sqrt{1 + \operatorname{tg}^2\beta} - 1\right].$$

D'autre part, on sait aussi que:

$$\operatorname{tg} 2\varphi = \frac{2\operatorname{tg}\varphi}{1 - \operatorname{tg}^2\varphi}.$$

Il vient donc:

$$\operatorname{tg} 2\varphi = \frac{\dfrac{2}{\operatorname{tg}\beta}\left[\sqrt{1 + \operatorname{tg}^2\beta} - 1\right]}{1 - \dfrac{1}{\operatorname{tg}^2\beta}\left[1 + \operatorname{tg}^2\beta - 2\sqrt{1 + \operatorname{tg}^2\beta} + 1\right]},$$

ou:
$$\operatorname{tg} 2\varphi = \frac{2\left[\sqrt{1 + \operatorname{tg}^2\beta} - 1\right]}{\operatorname{tg}\beta - \dfrac{1}{\operatorname{tg}\beta} - \operatorname{tg}\beta + \dfrac{2}{\operatorname{tg}\beta}\sqrt{1 + \operatorname{tg}^2\beta} - \dfrac{1}{\operatorname{tg}\beta}},$$

ou:
$$\operatorname{tg} 2\varphi = \frac{2\left[\sqrt{1 + \operatorname{tg}^2\beta} - 1\right]}{\dfrac{2}{\operatorname{tg}\beta}\left[\sqrt{1 + \operatorname{tg}^2\beta} - 1\right]} = \operatorname{tg}\beta.$$

Et enfin:

$$(P_m = 0) \quad \operatorname{tg} 2(\omega - \varepsilon) = \operatorname{tg}(\alpha - \varepsilon);\ \text{d'où}: \omega = \frac{\alpha + \varepsilon}{2} = \omega_0. \quad [32]$$

Ce résultat est remarquable. Il montre que *quand il n'y a pas de surcharge distincte au-dessus de la surcharge en terre,* ce qu'exprime la condition $P_m = 0$, $P_{m0} = 0$, ou $k = 0$, $k_1 = 0$, $k_0 = 0$ (voir [17] et [27]), *l'angle* ω, *au sommet du coin, qui donne le moment de renversement maximum, est égal à l'angle* ω_0 *au sommet du coin qui donne la poussée de glissement maxima. Et l'un comme l'autre ont juste, pour valeur, la moitié de l'angle connu* $(\alpha + \varepsilon)$.

Si ε seul $= 0$, [24] et [25] se simplifient quelque peu. Mais [25]

doit toujours se résoudre graphiquement. ω_0 reste différent de ω, car [30] donne :

$$\operatorname{tg}\omega_0 = -\frac{1}{\operatorname{tg}\alpha} + \sqrt{\frac{1}{\operatorname{tg}^2\alpha} + 1 - \frac{k_0}{\operatorname{tg}\alpha}};$$

$$(\varepsilon = 0 \text{ seul}) \qquad \operatorname{tg}\omega_0 = \frac{1}{\operatorname{tg}\alpha}\left[\sqrt{1 + \operatorname{tg}^2\alpha - k_0 \operatorname{tg}\alpha} - 1\right]. \qquad [33]$$

Si l'on a en même temps : $k = 0$, $k_1 = 0$, $k_0 = 0$, $\varepsilon = 0$, la formule [25] s'identifie à [29], qui conduit à [31], puis à [32] :

$$(kk_1k_0 = 0, \varepsilon = 0) \qquad \omega = \omega_0 = \frac{\alpha}{2}. \qquad [34]$$

Si l'on a en même temps : $k = 0$, $k_1 = 0$, $k_0 = 0$, $\varepsilon = 0$, $\alpha = 90°$, ce qui correspond au cas de la vase fluide et de l'eau, on obtient,

dans [34] : $\omega = \omega_0 = 45°$;
c'est-à-dire : $\operatorname{tg}\omega = \operatorname{tg}\omega_0 = 1$. } [35]

Les formules [34] et [35] s'établissent avec facilité, quand le terrain est arasé horizontalement au niveau de la crête du mur, sans surcharge en terre et sans surcharge distincte par-dessus la surcharge en terre. Elles étaient connues depuis longtemps.

La théorie plus générale ici donnée trouve, dans ce fait, une confirmation qu'il était bon de signaler.

15. — Résumé pour l'application des formules analytiques donnant l'angle au sommet du coin d'action maxima. — Les données sont (voir au n° 33 la liste des symboles avec leur signification) : DH h_0 ε α, et la section transversale du terrain surchargé, d'où découlent $P_m P_{m0} x_0$. Il faut calculer : $y_2\, \omega\, \omega_0\, F_m Y\, F_{m0} Y$.

$P_m P_{m0} x_0$ sont des données réelles, absolues, quand la surcharge distincte P_m, alors égale à P_{m0}, s'étend parallèlement à la crête du mur, sur une bande étroite, de largeur sûrement inférieure à celle de la tête du coin d'action maxima.

Quand la surcharge distincte s'étend sur une largeur sûrement supérieure à celle du coin d'action maxima, on attribue à P_m et à P_{m0} une valeur un peu forcée, comme il est expliqué au n° 11.

C'est là un procédé à la Christophe Colomb, posant un œuf en équilibre, par sa pointe, sur un plan. De même que Christophe Colomb a brusqué légèrement la pointe de l'œuf, par une brisure imperceptible, nous brusquons également un peu les données du problème de l'équilibre des murs de soutènement, en cas de surcharge distincte, en forçant légèrement la valeur de

P_m; autrement la solution serait, elle aussi, impossible à trouver.

Nous avons expliqué, au n° 11, qu'il ne résulte de là aucun dommage pour la qualité de la solution cherchée.

Nous pouvons ajouter, maintenant : que la connaissance de ω_0, aisément calculable par la formule générale [30] établie au n° 13, permet de rectifier au besoin P_{m0}. Et qu'il n'y a pas d'inconvénient sensible à prendre $P_m = P_{m0}$; ce qui détermine x_0 *(fig. 1)*, par les moyens connus de la recherche d'une des coordonnées du centre de gravité d'une surface, si compliqué que soit le contour de cette surface.

Connaissant $P_{m0}\,P_m\,x_0$, on obtient $k\,k_1$ par [17], k_0 par [27], β par [26] ou par [20], abc par [24], ω_0 par [30], ω par [25], dans le cas général, comme expliqué au n° 12 ;

ω_0 par [33] et ω par [25], quand ε seul est nul ;
$\omega = \omega_0$ par [32], dès que $P_m\,P_{m0}$, c'est-à-dire kk_1k_0abc sont nuls;
$\omega = \omega_0$ par [34], si $P_m\,P_{m0}\,k\,k_1\,k_0\,a\,b\,c\,\varepsilon$ sont nuls ;
$\omega = \omega_0$ par [35], si $P_m\,P_{m0}\,k\,k_1\,k_0\,a\,b\,c\,\varepsilon$ sont nuls et si $\alpha = 90°$.

Connaissant ω et ω_0 dans les divers cas, depuis le plus compliqué jusqu'au plus simple, on obtient aisément : F_mY par $[A]_2$, F_{m0} par $[B]_2$ ou $[B]'_2$, avec $\varphi = (\omega - \varepsilon)$ [20] et $\varphi_0 = (\omega_0 - \varepsilon)$ [26].

Si dans $[B]_2$ on remplace φ_0 par φ, on obtient F_m. Et comme le moment de renversement F_mY a été calculé par $[A]_2$, soit $F_mY = M$, on tire :

$$Y = \frac{M}{F_m}. \qquad [36]$$

Tout est ainsi déterminé. En suivant cette marche, on arrive aux formules suivantes :

1° *Cas général.* — Surcharge distincte quelconque : ω_0 est donné par [30], F_mY par $[A]_2$, F_{m0} par $[B]_2$.

$$\left.\begin{aligned}
F_mY &= \frac{D}{6}(H^3 - 3Hh_0^2 + 2h_0^3)\left[\operatorname{tg}(\alpha-\omega)+\operatorname{tg}\varepsilon\right]\left[\operatorname{tg}(\omega-\varepsilon)\right.\\
&\qquad \left. +\operatorname{tg}\varepsilon+\frac{k\operatorname{tg}(\omega-\varepsilon)-k_1}{\operatorname{tg}(\omega-\varepsilon)+\operatorname{tg}\varepsilon}\right]\\
F_{m0} &= \frac{D}{2}(H^2-h_0^2)\cos\varepsilon\left[\operatorname{tg}(\alpha-\omega_0)+\operatorname{tg}\varepsilon\right]\left[\operatorname{tg}(\omega_0-\varepsilon)+\operatorname{tg}\varepsilon+k_0\right]\\
F_m &= \frac{D}{2}(H^2-h_0^2)\cos\varepsilon\left[\operatorname{tg}(\alpha-\omega)+\operatorname{tg}\varepsilon\right]\left[\operatorname{tg}(\omega-\varepsilon)+\operatorname{tg}\varepsilon+k_0\right]\\
Y &= \frac{F_mY}{F_m}
\end{aligned}\right\} \quad [37]$$

2° *Surcharge distincte nulle.* — C'est-à-dire : $P_m = 0$, $P_{m0} = 0$, $x_0 = 0$, $k = 0$, $k_1 = 0$, $k_0 = 0$.

Alors : $$\omega = \omega_0 = \frac{\alpha + \varepsilon}{2};$$

d'où : $$(\alpha - \omega) = (\omega - \varepsilon) = \frac{\alpha - \varepsilon}{2}.$$

$$\left.\begin{aligned} F_m Y &= \frac{D}{6}(H^3 - 3Hh_0^2 + 2h_0^3)\left[\operatorname{tg}\frac{\alpha-\varepsilon}{2} + \operatorname{tg}\varepsilon\right]^2. \\ F_{m0} = F_m &= \frac{D}{2}(H^2 - h_0^2)\left[\operatorname{tg}\frac{\alpha-\varepsilon}{2} + \operatorname{tg}\varepsilon\right]^2 \cos\varepsilon. \\ Y &= \frac{H^3 - 3Hh_0^2 + 2h_0^3}{3(H^2 - h_0^2)\cos\varepsilon}. \end{aligned}\right\} [38]$$

3° *Surcharge distincte nulle et paroi du mur verticale du côté des terres soutenues.* — C'est-à-dire : $P_m = 0$, $P_{m0} = 0$, $x_0 = 0$, $k = 0$, $k_1 = 0$, $k_0 = 0$, $\varepsilon = 0$. Alors $\omega = \omega_0 = (\alpha - \omega) = (\omega - \varepsilon) = \frac{\alpha}{2}$.

$$\left.\begin{aligned} F_m Y &= \frac{D}{6}(H^3 - 3Hh_0^2 + 2h_0^2)\operatorname{tg}^2\frac{\alpha}{2}. \\ F_{m0} = F_m &= \frac{D}{2}(H^2 - h_0^2)\operatorname{tg}^2\frac{\alpha}{2}. \\ Y &= \frac{H^3 - 3Hh_0^2 + 2h_0^3}{3(H^2 - h_0^2)}. \end{aligned}\right\} [39]$$

4° *Surcharge distincte nulle, paroi du mur verticale du côté des terres soutenues, surcharge en terre nulle* — C'est-à-dire : $P_m = 0$, $P_{m0} = 0$, $x_0 = 0$, $k = 0$, $k_1 = 0$, $k_0 = 0$, $\varepsilon = 0$, $h_0 = 0$, $H = h$, $\omega = \omega_0 = \frac{\alpha}{2}$ $(\alpha - \omega) = (\omega - \varepsilon) = \frac{\alpha}{2}$.

$$\left.\begin{aligned} F_m Y &= \frac{D}{6} H^3 \operatorname{tg}^2\frac{\alpha}{2}. \\ F_{m0} = F_m &= \frac{D}{2} H^2 \operatorname{tg}^2\frac{\alpha}{2}. \\ Y &= \frac{H}{3}. \end{aligned}\right\} [40]$$

5° *Surcharge, paroi comme au 4° et de plus :* $\alpha = 90°$ *(eau ou vase fluide)* $\omega = \omega_0 = (\alpha - \omega) = (\omega - \varepsilon) = 45°$.

$$\left.\begin{aligned} F_m Y &= \frac{D}{6} H^3. \\ F_m &= F_{m0} = \frac{D}{2} H^2. \\ Y &= \frac{H}{3}. \end{aligned}\right\} \quad [41]$$

16. — Observations. — Les formules [40] et [41] sont connues depuis longtemps. Les autres formules, plus générales, qui comprennent implicitement celles connues, sont nouvelles; de même que la méthode que nous avons employée pour les établir.

Au sujet de ces diverses formules, trois observations importantes sont à faire :

1° Quand on emploie, pour trouver le *moment de renversement maximum* $F_m Y$, la même valeur de ω que celle qui donne la *poussée de glissement maxima*, on commet une erreur qui peut être grande en cas de surcharge.

2° Quand, outre cela, on néglige l'action de l'angle ε, on commet une erreur, grande aussi, suivant l'importance de ε. Et cela, qu'il y ait surcharge ou non.

3° Quand, pour avoir la valeur du moment de renversement maximum, on se contente de multiplier la poussée de glissement maxima : F_{m_0} par $\frac{H}{3}$; en conformité avec la troisième des formules usuelles [40], établie pour un cas tout spécial ; on commet une erreur, d'autant plus forte, que les surcharges sont plus importantes, et que l'angle ε est plus grand, dans le sens positif ou dans le sens négatif.

Ces erreurs sont fréquemment commises.

Là est peut-être, pour une grande part, l'explication des mécomptes, rencontrés dans des constructions faites, en apparence, avec tous les soins voulus.

Cela explique peut-être aussi, pourquoi la théorie du calcul d'un mur de soutènement des terres, malgré les travaux nombreux de savants et de praticiens éminents, est encore considérée comme plus ou moins mystérieuse et incertaine.

En mathématique, chacun sait, cependant, qu'il n'y a rien de mystérieux ni d'incertain en soi. Il n'y a que des calculs bien ou mal faits, au moyen de formules exactes ou inexactes, complètes ou incomplètes.

17. — INFLUENCE DE L'ANGLE ε. — Quand il y a surcharge, l'influence de l'angle ε ne peut pas être précisée, d'une manière simple, *a priori*. Elle varie, dans chaque cas, suivant les valeurs relatives de P_m, P_{m_0}, x_0, h_0, par rapport à H.

Mais quand il n'y a pas de surcharge, cette influence est très nette. De prime abord, elle s'aperçoit.

C'est le cas du n° 14, auquel s'appliquent les formules [38] et [39].

La formule [38] montre que F_mY, F_{m_0} et F_m s'annulent dès que l'on pose :

$$\operatorname{tg} \frac{\alpha - \varepsilon}{2} + \operatorname{tg} \varepsilon = 0;$$

d'où l'on tire : $\frac{\alpha - \varepsilon}{2} = -\varepsilon$; ou $\varepsilon = -\alpha$. [42]

Ce résultat est évident de soi, puisque, quand $\varepsilon = -\alpha$ (voir figure 1), le terrain à soutenir se trouve posséder justement son talus d'éboulement naturel. Et que, par suite, il est incapable d'exercer ni moment de renversement, ni poussée de glissement sur le mur.

Si, en partant de la valeur limite $\varepsilon = -\alpha$, on augmente successivement ε dans le sens positif, on reconnaît que le terme $\operatorname{tg} \frac{\alpha - \varepsilon}{2} + \operatorname{tg} \varepsilon$, au carré duquel sont proportionnels F_mY comme F_{m_0} ou F_m, croît d'une manière continue quand ε passe de $-\alpha$ à $+\alpha$. C'est-à-dire entre des limites qui ne sont jamais dépassées ni même atteintes en pratique.

De là, on doit tirer cette conclusion importante : *Le moment de renversement maximum, de même que la poussée de glissement maxima, décroissent avec l'angle ε. Il y a donc toujours intérêt à faire ε nul et même négatif, si la chose est possible ; jamais à le faire positif.*

Il y a, cependant, bien des travaux de grosse importance dans lesquels ε a été pris positif. Il est bon de savoir que c'est là une erreur. A moins que les choses ne soient disposées de telle façon que le terrain constitue sûrement une charge directe sur le mur, comme cela se voit en T' *(fig. 4)* au n° 31. Mais c'est là une disposition toute spéciale.

18. — INFLUENCE DE L'ANGLE AU SOMMET DU COIN. — Tant qu'il n'y a pas de surcharge distincte par-dessus la surcharge en terre, on a, comme le montrent les formules [38] à [41] :

$$\omega = \omega_0 = \frac{\alpha + \varepsilon}{2}.$$

Le moment de renversement $F_m Y$, comme la poussée de glissement F_{m_0} ou F_m, décroissent avant tout avec α ; puis, en second lieu, avec ε, jusqu'à la limite $\varepsilon = -\alpha$, comme il vient d'être dit au n° 17.

Quand il y a surcharge distincte, l'influence de ω et de ω_0, qui dépendent de P_m, P_{m_0} et x_0, ne peut guère être précisée d'avance. Elle change suivant les données.

Prenons un exemple, qui servira en même temps d'application, avec les données suivantes :

$D = 1\,800\ kg$ par mètre cube des terres (voir n° 20) ;
$\operatorname{tg}\alpha = 1{,}8$ pour $\alpha = 60°57'$ (voir n° 20) ;
$\varepsilon = 20°$; d'où : $\operatorname{tg}\varepsilon = 0{,}364$; $\operatorname{tg}^2\varepsilon = 0{,}1325$; $\cos\varepsilon = 0{,}94$;
$H = 10\ m$;
$h_0 = 2\ m$;
$P_m = P_{m_0} = 25\,000\ kg$;
$x_0 = 4\ m$.

On a, dans [20] :

$$\beta = (\alpha - \varepsilon) = 40°57' ; \quad \operatorname{tg}(\alpha - \varepsilon) = 0{,}869 ; \quad \operatorname{tg}^2(\alpha - \varepsilon) = 0{,}755 ;$$

On a, dans [37] : $k = \dfrac{6 \times 25\,000 \times 10}{1\,800(1\,000 - 3 \times 10 \times 4 + 2 \times 8)} = 0{,}94$;

— $k_1 = \dfrac{6 \times 25\,000 \times 4}{1\,800(1\,000 - 3 \times 10 \times 4 + 2 \times 8} = 0{,}375$;

— $k_0 = \dfrac{2 \times 25\,000}{1\,800(100 - 4)} = 0{,}290$;

dans [30] :

$$\operatorname{tg}(\omega_0 - \varepsilon) = -0{,}115 + \sqrt{0{,}0132 + 1 - \frac{0{,}29 \times 1{,}1325}{0{,}869(1 - 0{,}316)}} = 0{,}562 ;$$

par suite : $(\omega_0 - \varepsilon) = 29°20'$; et $\omega = 29°20' + 20° = 49°20'$;

— $\operatorname{tg}(\alpha - \omega_0) = \operatorname{tg} 11°37' = 0{,}205$;

— $\operatorname{tg}(\omega - \varepsilon) = \operatorname{tg} 29°20' = 0{,}562$;

dans [37] : $F_m = \frac{1800}{2}(100 - 4) \times 0{,}94[0{,}205 + 0{,}364][0{,}562 + 0{,}364 + 0{,}29] = 56000\ kg$;

dans [20] : $\operatorname{tg}\beta = \operatorname{tg}(\alpha - \varepsilon) = 0{,}869$, $\operatorname{tg}\beta \operatorname{tg}\varepsilon = 0{,}316$, $\operatorname{tg}\beta \operatorname{tg}\alpha = 1{,}5642$;

dans [24] : $a = 0{,}94(1 + 0{,}316 + 1{,}5642) + 0{,}375 \times 0{,}869 = 3{,}1507$;

— $2b = 2[0{,}375 \times 1{,}5642 - 0{,}94 \times 0{,}364] = 0{,}493$;

— $c = 0{,}375 \times 1{,}8 \times 1{,}316 + 0{,}364(0{,}94 \times 1{,}8 + 0{,}375) = 2{,}930$.

Dans [25], suivant les indications du n° 12, en donnant à $\operatorname{tg}\varphi = \operatorname{tg}(\omega - \varepsilon)$, (voir [20]), les valeurs 0,60, 0,75, 0,80, et, en traçant la courbe qui correspond à chacun des deux membres de l'équation, on reconnait que ces deux courbes se coupent très nettement, c'est-à-dire à peu près à angle droit, pour une valeur de $\operatorname{tg}(\omega - \varepsilon)$ très voisine de 0,76.

C'est-à-dire qu'on a : $(\omega - \varepsilon) = 37°20'$.

Par suite : $\omega = 37°20' + 20° = 57°20$;

— $(\alpha - \omega) = 60°57' - 57°20' = 3°37'$; $\operatorname{tg}(\alpha - \omega) = 0{,}063$;

— $(\omega - \varepsilon) = 37°20'$; $\operatorname{tg}(\omega - \varepsilon) = 0{,}76$.

Alors, il vient dans [37] :

$$F_m Y = \frac{1800}{6}(1000 - 3 \times 10 \times 4 + 2 \times 8)[0{,}063 + 0{,}364]\left[0{,}760 + 0{,}364 + \frac{0{,}94 \times 0{,}760 - 0{,}375}{0{,}760 + 0{,}364}\right] = 199680\ kgm ;$$

puis : $F_m = \frac{1800}{2}(100 - 4) \times 0{,}94[0{,}063 + 0{,}364][0{,}760 + 0{,}364 + 0{,}29] = 49000\ kg$;

et, enfin : $Y = \frac{199680}{49000} = 4{,}065\ m$.

En conservant les données précédentes, mais en supprimant l'inclinaison de la paroi du mur, en contact avec la terre soutenue. c'est-à-dire en posant $\varepsilon = 0$. Puis encore, en faisant à la fois $\varepsilon = 0$, $P_m = 0$, c'est-à-dire en supprimant la surcharge distincte, on obtient, par des calculs qui s'abrègent de plus en plus, en mettant en œuvre les formules [37], puis [33], puis [39], les valeurs comparatives suivantes :

	$P_m>0\ \varepsilon>0$	$P_m>0\ \varepsilon=0$	$P_m=0\ \varepsilon=0$
Valeur de ω	57° 20′	38° 50′	30° 28′
Valeur de ω_0	49° 20′	27° 17′	30° 28′
Moment de renversement maximum F_mY . . . . . *kgm*	199 680	139 500	91 900
Poussée de glissement maxima F_{m_0} . . . . . *kg.*	56 000	46 500	29 500
Poussée du moment de renversement maximum F_m . . . . . *kg.*	49 000	38 400	29 500
Hauteur de F_m, au-dessus de 0 *(fig. 1)* Y . . . . . *m*	4,065	3,625	3,115
Moment de la poussée maxima $F_{m_0}Y_0$ . . . . . *kgm*	166 600	53 800	91 900

On voit que les différences sont considérables, puisque la seule suppression de l'inclinaison de la paroi du mur, en contact avec la terre soutenue, fait passer l'angle au sommet du coin d'action maxima de 57° 20′ à 38° 50′, pour le moment de renversement; de 49° 20′ à 27° 17′ pour la poussée de glissement, puis fait passer le moment de renversement maximum de 200 000 *kgm* à 140 000 en chiffres ronds; la poussée de glissement maxima, de 56 000 à 46 000 *kg*; la poussée de glissement correspondant au moment de renversement maximum de 49 000 à 38 000 *kg*; enfin, la hauteur du point de passage de cette poussée, de 4,065 *m* à 3,625 *m*.

Les différences sont plus sensibles encore quand, par surcroit, on supprime la charge distincte.

Enfin, ces différences pourraient être bien plus considérables, si la surcharge distincte était elle-même plus grande, ou agissait plus près de l'arête supérieure du mur.

Tout cela justifie amplement ce que nous avons antérieurement dit et montre le sérieux intérêt qu'il y a, dans ces questions compliquées, à faire les calculs, avec tout le soin voulu; non seulement pour la recherche de la *poussée de glissement maxima;* mais, surtout, pour la recherche du *moment de renversement maximum.*

Sans cela, *on peut se tromper plus que du simple au double.* Puisque, dans l'exemple choisi, qui ne représente pas les conditions les plus défavorables, avec $P_m>0\ \varepsilon=0$, on a, pour moment de la poussée maxima, 53 800 *kgm*, tandis que le moment maximum de renversement = 139 500 *kgm*, rapport: 1 à 2,6.

II

Stabilité du mur.

19. — Stabilité du mur de soutènement. — Les forces extérieures qui agissent sur le mur sont (voir *fig. 1*) :

p = son poids propre, par mètre courant de longueur. Ce poids est appliqué en g au centre de gravité de la section OAijO, à une distance x_1 de l'axe vertical OY passant en O. jO peut être une assise quelconque du mur.

$\frac{R_1 x}{2}$ = composante verticale de la réaction exercée par la fondation, sous la base du mur qu'elle porte ou sous l'assise considérée quelconque du mur. Dans la condition la plus défavorable, on admet que la réaction, répartie d'une manière variable, sous la base du mur, est nulle par mètre carré, en O; et qu'elle atteint, en j, la valeur maxima de R_1 *kg* par mètre carré, qu'il convient de ne pas dépasser, pour éviter, avec certitude, l'écrasement des matières composant la maçonnerie. Cela donne comme résultante, depuis O jusqu'à j, pour une longueur de 1 *m*, perpendiculaire au plan de la figure, $\frac{R_1 x}{2}$: avec point d'application, en s, à $\frac{2x}{3}$ du point O. Si R_1 devenait < 0, c'est-à-dire négatif, en O, le mur travaillerait par traction, ce que l'on considère comme mauvais pour de la maçonnerie.

Il est nécessaire d'observer ici que, quand le mur porte une surcharge distincte T, il peut arriver, suivant la grandeur et la direction de T, que la plus grande valeur de R_1, sous la base du mur, se produise en O, malgré l'action du moment de la poussée des terres. En ce cas, la composante verticale a encore pour valeur maxima $\frac{R_1 x}{2}$; mais son point d'application est reporté à $\frac{x}{3}$ du point O, au lieu de $\frac{2x}{3}$.

$\frac{R_1 x f_1}{2}$ = composante horizontale de la réaction, sous l'assise du mur ou, si l'on veut, effort tendant à faire glisser le mur, sur cette assise supposée horizontale.

— F_{m_0} = force égale et opposée à F_{m_0}, qui représente la résultante des poussées du terrain soutenu contre le mur. Cette force est perpendiculaire à la face $\overline{OA}$, comme il a été expliqué au n° 4. Elle est appliquée, en M, à une distance $\overline{MO} = Y$, du point O.

T = surcharge distincte, appliquée en u, sur la crête du mur, à une distance t de l'axe vertical $\overline{OY}$. La force T est, plus commodément pour le calcul, remplacée par sa composante verticale T_0 et sa composante horizontale T_1.

Toutes ces forces, avec leurs points d'application, intensité et direction, doivent être considérées comme des données du problème, y compris F_{m_0}, F_m et Y, ou $F_m Y$ (que l'on doit tirer des formules $[A]_2$, $[B]_2$ ou [37]), sauf cependant p et x_1, qui dépendent de x et la distance x elle-même qui est à déterminer.

On peut exprimer x_1 et p, en fonction de x ; D_1 étant le poids du mètre cube des maçonneries.

En effet, décomposons la section OAijO en un parallélogramme OAitO et un triangle tij. Prenons les moments partiels et résultant des surfaces par rapport au plan vertical OY. On a :

Parallélogramme. Surface : $S_1 = h\lambda$;

Triangle. Surface : $S_2 = \frac{h}{2}(x - \lambda)$;

Somme des surfaces : $S_1 + S_2 = \frac{h}{2}(x + \lambda)$.

Moments : $$(S_1 + S_2)x_1 = h\lambda \frac{\lambda + h \operatorname{tg} \varepsilon}{2}$$

$$+ \frac{h}{2}(x - \lambda)\left[\frac{h}{3}\operatorname{tg}\varepsilon + \lambda + \frac{1}{2} \times \frac{2}{3}(x - \lambda)\right];$$

d'où : $$p x_1 = D_1(S_1 + S_2)x_1 = D_1\left[h\lambda \frac{\lambda + h \operatorname{tg} \varepsilon}{2}\right.$$

$$\left. + \frac{h}{2}(x - \lambda)\left(\frac{h}{3}\operatorname{tg} 2 + \lambda + \frac{x}{3} - \frac{\lambda}{3}\right)\right];$$

ou : $$p x_1 = D_1 \frac{h}{6}[\lambda(\lambda + 2h \operatorname{tg} \varepsilon) + x(\lambda + h \operatorname{tg} \varepsilon) + x^2]; \quad [43]$$

avec : $$p = D_1(S_1 + S_2) = D_1 \frac{h}{2}(x + \lambda). \quad [44]$$

Une équation de projection horizontale de toutes les forces extérieures, qui viennent d'être énumérées et sous l'action desquelles le mur doit rester en équilibre stable, donne :

$$\left.\begin{array}{l} 1^\circ\ f_1 \dfrac{R_1 x}{2} \geq F_{m_0} \cos\varepsilon - T_1 ; \\ \text{ou bien :}\quad 2^\circ\ f_1(p + F_{m_0} \sin\varepsilon + T_0) \geq F_{m_0} \cos\varepsilon - T_1. \end{array}\right\} \quad [45]$$

F_{m_0} doit être tiré de $[B]_2$, avec ω_0 pris dans [30] ; ou de l'une des formules [37] à [41], données au n° 15, pour les cas particuliers.

Les deux inégalités [45] expriment la condition : que la force de frottement, sur l'assise horizontale du mur, soit au moins égale à la composante horizontale de la résultante, provenant : de la poussée des terres et de la surcharge distincte appliquée sur la crête du mur.

Une équation de moments, autour du point O, donne à son tour :

$$\left.\begin{array}{l} 1^\circ\ \dfrac{R_1 x}{2} \times \dfrac{2x}{3} \gtrless p x_1 + F_m Y + T_0 t - T_1 h ; \\ \text{ou bien :}\quad 2^\circ\ \dfrac{R_1 x}{2} \times \dfrac{x}{3} \gtrless T_1 h - p x_1 - F_m Y - T_0 t ; \\ \text{ou encore :}\quad 3^\circ\ (p + F_{m_0} \sin\varepsilon + T_0)\dfrac{2x}{3} \gtrless p x_1 + F_m Y + T_0 t - T_1 h ; \\ \text{ou enfin :}\quad 4^\circ\ (p + F_{m_0} \sin\varepsilon + T_0)\dfrac{x}{3} \gtrless T_1 h - p x_1 - F_m Y - T_0 t. \end{array}\right\} \quad [46]$$

Les deux dernières formules 3° et 4° viennent de ce qu'une équation de projection verticale de toutes les forces extérieures conduit à l'égalité :

$$\frac{R_1 x}{2} = p + F_{m_0} \sin\varepsilon + T_0. \qquad [47]$$

Les quatre inégalités [46] expriment la condition que la poussée des terres, tendant à renverser le mur, combinée avec le poids propre du mur, et l'action de la surcharge distincte, appliquée sur la crête du mur, ne donne, en aucun point de l'assise une charge par mètre carré supérieure à la charge pratique de sécurité R_1 (comme R) qui convient aux matériaux employés dans la construction du mur (comme de sa fondation). Et, de plus, que

cette charge par mètre carré ne devienne pas nulle ou négative, en aucun point de la même assise.

Si les inégalités [45] et [46], ou, du moins, deux de [45] et deux de [46], sont satisfaites, on peut être certain que la stabilité du mur est assurée. La restriction, concernant deux des formules [46] sur quatre, sera expliquée tout à l'heure (voir n° 21).

$F_m Y$ doit être tiré de $[A]_2$ et F_{m_0} de $[B]_2$ ou de [37], après que ω et ω_0 ont été déterminés soit graphiquement, comme il a été expliqué au n° 9, soit analytiquement comme il a été expliqué aux n^{os} 10 à 15. $F_m Y$ et F_{m_0} peuvent aussi être calculés, au moyen des formules [37] à [41], pour les cas particuliers qui leur conviennent.

20. — Données complémentaires. — Dans les formules [45] et [46], il n'y a plus, pour trouver l'épaisseur x du mur convenant à l'assise, placée à la hauteur verticale h, en contre-bas de la crête, qu'à introduire quelques constantes. Il en est de même dans les formules [43], [44], donnant le poids du mur et le moment de ce poids.

Les valeurs usuelles de ces diverses constantes sont les suivantes :

f_1 est le coefficient de frottement, de maçonnerie sur maçonnerie. Sa valeur est comprise entre 0,70 et 0,75, quand les assises du mur sont disposées par lits horizontaux. Cette valeur augmente quand on a soin d'enchevêtrer les matériaux des diverses assises, de manière qu'il n'y ait, pour ainsi dire, pas de surface de joint horizontale, d'une certaine étendue. C'est là, d'ailleurs, une précaution qu'il convient toujours de prendre, dans les ouvrages d'une certaine importance, surtout quand on emploie des moellons ou des pierres brutes de grosse dimension.

R_1 se prend égal à 40 000 *kg* par mètre carré pour de la maçonnerie de briques, tant soit peu soignée, au mortier de chaux ordinaire, bonne qualité. La maçonnerie de moellons avec mortier de ciment donne $R_1 = 60\,000$ *kg*, 80 000 *kg*, et même un peu au delà, suivant la nature des matériaux employés.

Dans les grands travaux, il convient de faire des essais sérieux, sur les matières à mettre en œuvre, avant d'arrêter le calcul des dimensions du mur.

$\varepsilon\lambda$ sont des quantités plus ou moins arbitraires que l'on doit se donner, en ayant égard aux conditions locales de l'installation.

Il a été parlé de ε au n° 17. Nous allons nous occuper de λ au n° 22.

$DD_1\alpha ff_1$ sont renseignés au tableau suivant :

Matières.	Poids du mètre cube DD_1.	Angle α.	f ou f_1.
	kg.	degrés.	
Terre glaise peu mouillée.	1850 à 2000	30 à 45	1,73 à 1,00
Terre sableuse ordinaire.	1400 à 1800	45 à 55	1,00 à 0,70
Terre légère pulvérulente	800 à 1400	55 à 60	0,70 à 0,58
Sable pur très sec. . . .	1800 à 1900	55 à 65	0,70 à 0,47
Vase fluide.	1400 à 1800	90	0,00
Maçonnerie de briques. .	1400 à 1700	»	0,70 à 0,75
Maçonnerie de grès ou de meulières.	1900 à 2200	»	0,72 à 0,76
Maçonnerie de moellons durs	2200 à 2400	»	0,72 à 0,76
Maçonnerie de pierres taillées.	2300 à 2500	»	0,72 à 0,80

21. — Calcul de l'épaisseur du mur. Cas général. — Quand on a fait un choix judicieux des quantités $\alpha DD_1 ff_1 \varepsilon\theta$, il faut commencer par calculer :

1° $F_m Y$ maximum au moyen de [37] comme il est dit au n° 15 si $P_m > 0$.

2° F_{m_0} maximum au moyen de [30] et [37] comme il est dit au n° 15, si $P_m > 0$. Au besoin Y se tire de [37] avec la valeur de ω qui convient à F_m.

On choisit alors λ comme il va être dit au n° 22.

Supposons ce choix fait, il n'y a plus qu'à tirer x de chacune des deux formules [45] ; puis, de chacune des formules [46]. En remarquant que si T est nul ou si T_1 est négatif, ou si $T_1 H - T_0 t$ est plus petit que $F_m Y$, on peut se contenter de la première et de la troisième de [46], tandis que, si c'est le contraire, c'est à la seconde et à la quatrième qu'il faut demander la valeur de x. Dans le premier cas, la charge est évidemment plus grande en j qu'en O. Dans le deuxième cas, la charge est plus grande en O qu'en j.

On prend, pour x, la plus forte des valeurs trouvées, en ayant soin de la forcer plutôt que de la réduire.

Par sécurité, *on vérifie à nouveau chacune* des inégalités [45] et [46] en y introduïsant la valeur *choisie* pour x.

Posons :

$$\left.\begin{aligned} &F_{m_0}\cos\varepsilon - T_1 = m;\\ &F_m Y + T_0 t - T_1 h = n;\\ &F_{m_0}\sin\varepsilon + T_0 = r. \end{aligned}\right\} \quad [48]$$

Nous pourrons écrire les formules [45] comme suit :

$$\left.\begin{aligned} &1^\circ\ \ f_1\frac{R_1 x}{2} \gtrless m;\\ &2^\circ\ \ f_1(p+r) \gtrless m. \end{aligned}\right\} \quad [45]_1$$

Nous pourrons écrire, de même, les formules [46] :

$$\left.\begin{aligned} &1^\circ\ \ 2R_1x^2 \gtrless 6px_1 + 6n;\\ &2^\circ\ \ R_1x^2 \lessgtr -6px_1 - 6n;\\ &3^\circ\ \ 4x(p+r) \gtrless 6px_1 + 6n;\\ &4^\circ\ \ 2x(p+r) \lessgtr -6px_1 - 6n. \end{aligned}\right\} \quad [46]_1$$

Posons maintenant : $\lambda = sx.$ [49]

En remarquant que les limites pratiques de s sont 0 et 1, il viendra, dans [44] :

$$p = \frac{D_1 h}{2}(1+s)x. \quad [50]$$

$$\left.\begin{aligned} px_1 &= \frac{D_1 h}{6}[s^2x^2 + 2sh\operatorname{tg}\varepsilon x + sx^2 + h\operatorname{tg}\varepsilon x + x^2];\\ &= \frac{D_1 h}{6}[x^2(1+s+s^2) + xh\operatorname{tg}\varepsilon(1+2s)]. \end{aligned}\right\} \quad [51]$$

Avec [50] et [51], nous pouvons écrire, dans $[45]_1$:

$$\left.\begin{aligned} &1^\circ\ \ x \gtrless \frac{2m}{f_1 R_1};\\ &2^\circ\ f_1 p \gtrless m - f_1 r \quad D_1 h f_1(1+s)x \gtrless 2m - f_1 r; \end{aligned}\right\} \quad [52]$$

d'où : $$x \gtrless \frac{2m - f_1 r}{D_1 h f_1(1+s)}.$$

Avec [50] et [51], nous pouvons également écrire, dans [46] :

$$1^\circ\quad 2R_1x^2 \gtrless D_1h\left[x^2(1+s+s^2)+xh\operatorname{tg}\varepsilon(1+2s)\right]+6n$$

$$x^2\left[2R_1-D_1h(1+s+s^2)\right]-xD_1h^2\operatorname{tg}\varepsilon(1+2s)-6n\gtrless 0;$$

d'où :

$$x\gtrless\frac{D_1h^2\operatorname{tg}\varepsilon(1+2s)}{2\left[2R_1-D_1h(1+s+s^2)\right]}$$

$$\pm\sqrt{\left(\frac{1}{2}\frac{D_1h^2\operatorname{tg}\varepsilon(1+2s)}{2R_1-D_1h(1+s+s^2)}\right)^2+\frac{6n}{2R_1-D_1h(1+s+s)^2}};$$

$$2^\circ\quad R_1x^2\gtrless -D_1h\left[x^2(1+s+s^2)+xh\operatorname{tg}\varepsilon(1+2s)\right]-6n$$

$$x^2\left[R_1+D_1h(1+s+s^2)\right]+xD_1h^2\operatorname{tg}\varepsilon(1+2s)+6n\gtrless 0;$$

(voir [48], [49]);

d'où :

$$x\gtrless -\frac{D_1h^2\operatorname{tg}\varepsilon(1+2s)}{2\left[R_1+D_1h(1+s+s^2)\right]}$$

$$\pm\sqrt{\left(\frac{1}{2}\frac{D_1h\operatorname{tg}\varepsilon(1+2s)}{R_1+D_1h(1+s+s^2)}\right)^2-\frac{6n}{R_1+D_1h(1+s+s^2)}};$$

$$3^\circ\quad 2D_1h(1+s)x^2+4rx\gtrless D_1h\left[x^2(1+s+s^2)+xh\operatorname{tg}\varepsilon(1+2s)\right]+6n$$

$$x^2D_1h(2+2s-1-s-s^2)-x\left[D_1h^2\operatorname{tg}\varepsilon(1+2s)-4r\right]-6n\gtrless 0$$

d'où :

$$x\lessgtr -\frac{D_1h^2\operatorname{tg}\varepsilon(1+2s)-4r}{2D_1h(1+s-s^2)}$$

$$\pm\sqrt{\left(\frac{D_1h^2\operatorname{tg}\varepsilon(1+2s)-4r}{2D_1h(1+s-s^2)}\right)^2-\frac{6n}{D_1h(1+s-s^2)}};$$

$$4^\circ\quad D_1h(1+s)x^2+2rx\gtrless D_1h\left[-x^2(1+s+s^2)-xh\operatorname{tg}\varepsilon(1+2s)\right]-6n$$

$$x^2D_1h(1+s+1+s+s^2)+x\left[D_1h^2\operatorname{tg}\varepsilon(1+2s)+2r\right]+6n\gtrless 0;$$

d'où :

$$x\gtrless -\frac{D_1h^2\operatorname{tg}\varepsilon(1+2s)+2r}{2D_1h(2+2s+s^2)}$$

$$\pm\sqrt{\left(\frac{D_1h^2\operatorname{tg}\varepsilon(1+2s)+2r}{2D_1h(2+2s+s^2)}\right)^2-\frac{6n}{D_1h(2+2s+s^2)}}.$$

[53]

22. — CHOIX DE LA LARGEUR EN CRÊTE : λ. — Les formules [52] et [53] sont générales, qu'il y ait ou non surcharge en terre, ou surcharge distincte, sur le terrain, comme sur le mur de soutènement.

[52] 1° est indépendante de λ. Toutes les autres dépendent de λ (ou s).

Dans [52] 2°, le choix de λ est indifférent, puisque la somme $(1 + s)x$ (ou $x + \lambda$) = constante. Et que, pour $x + \lambda$ = constante, la section ou le poids du mur demeurent aussi constants (voir [44]).

Il a été dit n° 21 (voir [49]), que les limites de s étaient 0 et 1. Dans [53] 1°, x croît évidemment avec s (ou λ), puisque les numérateurs augmentent, tandis que le dénominateur diminue.

[53] 2° n'a de raison d'être que si n est négatif (voir ce qui est dit à ce sujet, n° 21). Alors, x paraît décroître quand s augmente. Cela dépend des valeurs relatives de $D_1 h_1 R_1 n$.

Dans [53] 3°, x paraît grandir, quand s diminue.

[53] 4° n'a de raison d'être que si n est négatif (comme [53] 2°) et, alors, x paraît diminuer quand s grandit.

Il n'y a donc pas d'indications positives à tirer du simple examen de ces formules [52] et [53]. D'autant mieux, qu'il ne suffit pas de constater, par exemple, que x croît, quand λ diminue; puisque, comme il vient d'être observé il y a un instant, le volume aussi bien que le poids du mur est proportionnel à $x + \lambda$. Et que, par conséquent, si x ne croît que juste de la quantité dont λ décroît, il n'y a ni gain ni perte, au point de vue du coût.

Mais, regardons dans la figure 1. Nous avons établi nos équations de stabilité, sur cette donnée fondamentale : qu'en chaque assise du mur, il y a deux conditions à satisfaire (voir n° 3) :

1° Qu'il n'y ait pas glissement;

2° Que le moment de renversement ne donne, en aucun point de l'assise, une charge par mètre carré, supérieure à R_1, ni inférieure à zéro.

Il est évident que, pour qu'il n'y ait pas glissement, il suffit d'avoir une certaine charge sur l'assise. C'est ce qu'indique bien [52] 2°. Cette charge, toutes choses égales, dépend du poids p, lequel est proportionnel à $x + \lambda$ (voir [44]). Si λ décroît, x augmente.

Mais, pour le moment de renversement, il n'en va plus ainsi.

Il y a intérêt évident à faire λ petit et x grand, pour la même somme $x + \lambda =$ constante. Cela augmente visiblement la résistance au renversement et diminue R_1.

Dans ces conditions, la règle pour le choix de λ est bien simple : ***Il faut prendre*** λ ***aussi petit que possible.***

Avec $\lambda = 0$, les formules [52] et [53] deviennent :

$$(\lambda = 0) \begin{cases} 1^\circ & x \geqq \dfrac{2m}{f_1 R_1}; \\ 2^\circ & x \geqq \dfrac{2m - f_1 r}{D_1 h f_1}. \end{cases} \quad [54]$$

$$(\lambda = 0) \begin{cases} 1^\circ\ x \geqq \dfrac{D_1 h^2 \operatorname{tg} \varepsilon}{2(2R_1 - D_1 h)} \pm \sqrt{\left(\dfrac{D_1 h^2 \operatorname{tg} \varepsilon}{2(2R_1 - D_1 h)}\right)^2 + \dfrac{6n}{2R_1 - D_1 h}} \\ \qquad \text{(voir [40] [41])}; \\ 2^\circ\ x \geqq -\dfrac{D_1 h^2 \operatorname{tg} \varepsilon}{2(R_1 + D_1 h)} \pm \sqrt{\left(\dfrac{D_1 h^2 \operatorname{tg} \varepsilon}{2(R_1 + D_1 h)}\right)^2 - \dfrac{6n}{R_1 + D_1 h}} \\ 3^\circ\ x \geqq \dfrac{D_1 h^2 \operatorname{tg} \varepsilon - 4r}{2 D_1 h} \pm \sqrt{\left(\dfrac{D_1 h^2 \operatorname{tg} \varepsilon - 4r}{2 D_1 h}\right)^2 + \dfrac{6n}{D_1 h}} \\ 4^\circ\ x \geqq -\dfrac{D_1 h^2 \operatorname{tg} \varepsilon + 2r}{4 D_1 h} \pm \sqrt{\left(\dfrac{D_1 h^2 \operatorname{tg} \varepsilon + 2r}{4 D_1 h}\right)^2 - \dfrac{6n}{2 D_1 h}}. \end{cases} \quad [55]$$

23. — Cas particulier $\lambda = 0$; $\varepsilon = 0$. — On a vu, n° 17, que quand rien ne s'y opposait, il était toujours avantageux de choisir ε nul et même négatif.

Les murailles des anciennes fortifications, créées par Vauban, avaient ε négatif. Elles ont duré deux siècles et sont encore debout, à peu près partout où elles n'ont pas été volontairement démolies.

Dans ces murailles, λ n'était pas nul. Le plus souvent λ était égal à x. Mais là, il ne s'agissait pas seulement de soutenir des terres, il s'agissait aussi de résister aux chocs des projectiles, etc.

Avec $\varepsilon = 0$, les formules [54] et [55] deviennent :

$$\begin{matrix} (\lambda = 0) \\ (\varepsilon = 0) \end{matrix} \begin{cases} 1^\circ & x \geqq \dfrac{2m}{f_1 R_1}; \\ 2^\circ & x \geqq \dfrac{2m - f_1 r}{D_1 h f_1}. \end{cases} \quad [56]$$

$$(\lambda = 0)\ (\varepsilon = 0)\ \left\{\begin{array}{lll} 1^\circ & x \gtrless \sqrt{\dfrac{6n}{2R_1 - D_1 h}}; & \\ & \text{(voir [48] [49])}; & \\ 2^\circ & x \gtrless \sqrt{-\dfrac{6n}{R_1 + D_1 h}}; & \\ 3^\circ & x \gtrless -\dfrac{4r}{2D_1 h} \pm \sqrt{\left(\dfrac{4r}{2D_1 h}\right)^2 + \dfrac{6n}{D_1 h}}; & \\ 4^\circ & x \gtrless -\dfrac{2r}{4D_1 h} \pm \sqrt{\left(\dfrac{2r}{4D_1 h}\right)^2 - \dfrac{6n}{2D_1 h}}. & \end{array}\right. \quad [57]$$

Il ne faut pas perdre de vue que les formules 2° et 4° de [53], de [55] et de [57], n'ont d'utilité que quand n, donné par [48], est négatif.

24. — LIMITE DANS LA PETITESSE DE λ. — Il n'est pas toujours loisible de faire $\lambda = 0$. Quelquefois, en effet, le mur de soutènement des terres doit supporter directement un autre mur, qui monte plus ou moins haut, par-dessus le terrain soutenu. D'autres fois, il doit porter un garde-corps, une balustrade, une grille plus ou moins lourde, etc.

Alors, on donne à λ la plus petite valeur possible, et l'on applique les formules [52] et [53].

Il arrive encore que le mur de soutènement doit supporter, par place, des pilastres, des colonnes, etc., c'est-à-dire des charges distinctes, qui ne règnent pas, sur toute la longueur du mur. En ce cas, il est préférable, quand ces charges sont relativement fortes et espacées, de les asseoir sur un massif, spécialement fondé pour les recevoir une à une; et d'englober ce massif, ou du moins de le jonctionner avec le mur de soutènement.

Massif et mur sont alors calculés à part.

Enfin, si même le mur de soutènement n'a pas de charge distincte à porter, sa largeur λ en crête ne se prend ordinairement pas nulle ; par la raison que toute maçonnerie, quelle qu'elle soit, ne peut guère se terminer par une arête aiguë.

En ce cas, on prend, pour λ, tout au moins la grandeur du plus petit échantillon des matériaux employés : brique, moellon ou pierre de taille.

Quand c'est la pierre de taille qui est employée, il est rare que

l'on n'en profite pas pour mettre à la crête une assise taillée, assez forte, formant bandeau ou moulure, saillante du côté extérieur, en vue de donner à l'ensemble un aspect plus architectural, et pour constituer en ce point, qui est le plus exposé aux détériorations, un surcroît de résistance.

Si la chose en vaut la peine il faut tenir compte des masses saillantes, dans le calcul, en les introduisant dans la valeur de la surcharge distincte T.

25. — Épaisseur en divers points de la hauteur. — Pour des murs de soutènement de grande élévation, il est bon de calculer l'épaisseur x, non seulement à la base, mais encore en divers points de la hauteur.

Cela ne présente pas de difficulté particulière.

En effet, quand on a fixé la largeur en crête λ, rien n'empêche de calculer l'épaisseur x pour autant d'assises qu'on le veut, en donnant à h la valeur correspondante qui lui convient.

Il faut évidemment attribuer à h la même valeur, non seulement dans les formules de stabilité destinées à déterminer x, mais encore dans les formules qui servent préalablement à calculer ω_0, ω, F_{m0}, F_mY, p, x_1.

Il faut aussi avoir soin, quand il y a surcharge distincte, P_m, sur le terrain soutenu, de faire varier, s'il y a lieu, la grandeur de P_m à mesure que h augmente, c'est-à-dire à mesure que la tête du coin de poussée prend plus de largeur et supporte, par suite, une portion plus grande de la charge, uniformément ou non uniformément répartie, sur cette largeur variable.

Le calcul, ainsi fait, suppose que la section du mur a toujours une forme trapézoïdale, dont la hauteur est h, dont la base supérieure est λ dont la base inférieure est x.

A mesure que le calcul avance, c'est-à-dire à mesure que h grandit, il est nécessaire de tracer, sur papier, les diverses sections trouvées au moyen des diverses valeurs de x.

Si ces valeurs successives de x sont telles que chaque trapèze nouveau obtenu, enveloppe le trapèze précédent, ou à peu près, tout est bien. Et l'on peut s'en tenir au trapèze ultime trouvé au niveau de la fondation. Les deux parois du mur seront planes.

Si l'un des trapèzes nouveaux n'enveloppe par le précédent, ou, au contraire, l'enveloppe avec trop de marge, on se résout, quelquefois, à donner la forme courbe à l'une des parois ou à toutes les deux, quoique cela constitue une complication

notable dans l'appareillage du mur et dans toutes les parties du travail.

On dirige alors la courbure du côté où le calcul montre qu'il est plus avantageux de le faire.

Il convient, en ce cas, de tracer, pour chaque assise, le *point de passage* de la *résultante* sous cette assise. Cela peint aux yeux, d'une manière expressive, la manière dont les forces agissent sur le mur.

Pour ce faire, il faut prendre pour inconnu le bras de levier $\frac{2x}{3}$ dans la formule [46] 3°, ou bien $\frac{x}{3}$ dans la formule [46] 4°, en ayant soin de donner à p et à px_1, dans ces formules, leurs valeurs réelles :

En désignant par v cette inconnue, on a :

$$\left.\begin{array}{ll} 3° & v = \dfrac{px_1 + F_m Y + T_0 t - T_1 h}{p + F_{mo} \sin \varepsilon + T_0} ; \\ 4° & v = \dfrac{T_1 h - px_1 - F_m Y - T_0 t}{p + F_m \sin \varepsilon + T_0} . \end{array}\right\} \quad [58]$$

Cette distance v doit, d'ailleurs, toujours être comprise entre $\frac{x}{3}$ et $\frac{2x}{3}$.

Quand on s'est décidé à recourir à la paroi courbe, il faut prendre attention que, dans les formules établies pour calculer l'épaisseur, p et px_1 doivent être exprimées, non plus par les valeurs tirées de [43] et de [44], qui s'appliquent à une section trapézoïdale, mais par leurs valeurs vraies, calculées directement dans la figure tracée.

Pour exécuter ce dernier calcul, il est nécessaire de faire quelques hypothèses successives, sur la valeur de x, avant de trouver celle qui résout le problème.

26. — Limite de l'épaisseur x ou de la hauteur h. — Avec la section trapézoïdale, qui est celle le plus employée et qui convient bien quand il n'y a pas de surcharges considérables, on reconnaît, dans la formule générale [53] 1°, que, si grande que soit l'épaisseur, la hauteur du mur ne peut pas croître indéfiniment.

La limite *théorique* est atteinte, quand le dénominateur devient nul, c'est-à-dire quand on a :

$$2R_1 = D_1 h(1 + s + s^2) ;$$

d'où $$h = \frac{2R_1}{D_1(1 + s + s^2)}. \qquad [59]$$

Alors, x devient infiniment grand.

Avec les données usuelles (voir n° 20) :

$$R_1 = 40\,000\ kg ;\ D_1 = 2\,000\ kg,$$

on tire, de [51] :

$$\text{Si } s = 0 \text{ (ou } \lambda = o) \quad h = \frac{80\,000}{2\,000} = 40\ m,$$

$$\text{Si } s = 1 \text{ (ou } \lambda = x) \quad h = \frac{80\,000}{6\,000} = 13{,}33\ m, \qquad [60]$$

La limite *pratique* est plus restreinte encore.

Cela montre, soit dit en passant, l'influence de λ (ou s) et corrobore ce qui a été dit au n° 22.

Cela montre aussi que, pour des hauteurs un peu fortes, il faut employer des matériaux choisis.

Cela montre, enfin, en remarquant d'après [58] combien x croit plus vite que h, que la section trapézoïdale n'est pas celle qui convient le mieux pour de grandes hauteurs, et justifie les indications données au n° 25, sur la marche à suivre pour le calcul des sections à parois courbes.

27. — Fondations. — Arrivant à la fondation, qui s'exécute ordinairement en béton de ciment, il est toujours nécessaire de calculer la largeur minima qu'il convient de donner à sa base d'appui, sur le terrain, pour que cette fondation résiste, elle aussi, au moment de renversement résultant : de la poussée des terres, avec ou sans surcharges, du poids du mur et du poids propre de la fondation.

On augmente même, le plus souvent, cette largeur calculée, en la faisant déborder le mur, du côté extérieur, pour limiter la charge par mètre carré, sur le sous-sol, à celle qu'il peut porter avec sécurité R.

Cette charge est inférieure, le plus souvent, à celle R_1 que peut porter la maçonnerie du mur.

Dans le calcul, on compte, pour hauteur h, celle comprise

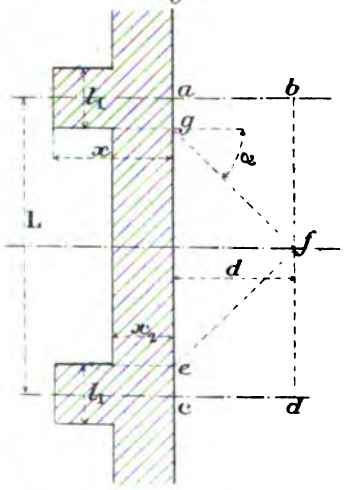
entre la crête du mur et le fond de la fouille à pratiquer, pour arriver à ce qu'on appelle le bon terrain.

Il est surtout nécessaire de disposer le fond de la fouille, de manière que la fondation fasse parfaitement corps avec le sous-sol, qu'elle soit, pour ainsi dire, encastrée dans ce sous-sol, sans pouvoir glisser dans aucun sens.

Sur terrain de consistance faible, on est souvent obligé de consolider l'assise de la fondation. On ne saurait prendre trop de précautions sous ce rapport; car il est d'expérience qu'un mur périt plus souvent par suite de l'instabilité de sa fondation, que par son manque de stabilité propre.

Quand la paroi vue du mur est courbe. ou simplement inclinée sur la verticale, on dispose souvent l'assise de la fondation et même toutes les assises du mur, de manière qu'elles soient perpendiculaires à la paroi vue. Cela tend à augmenter la résistance au glissement, dans les joints, et facilite l'appareillage, en ce sens qu'il n'y a pas de coupe oblique à donner aux matériaux composant la face vue. Il résulte de là, nécessairement, plus de complications dans le travail, parce que des joints qui ne sont pas horizontaux sont un peu plus difficiles à exécuter.

Fig. 2.



28. — Mur de soutènement avec contreforts. — Au lieu de donner au mur de soutènement une section *constante* sur toute sa longueur, il y a souvent avantage à le munir, de distance en distance, de contreforts, comme il est indiqué dans la figure 2, qui représente une coupe horizontale du mur, à une hauteur h, au-dessous de sa crête. Soit :

x = épaisseur du contrefort à l'endroit de la coupe, en mètres.

x_2 = épaisseur du mur, entre les contreforts, en mètres.

L = distance, d'axe en axe, entre deux contreforts voisins, en mètres.

l_1 = largeur d'un contrefort, en mètres.

Pour calculer x, on doit employer les mêmes formules que pour le mur de soutènement (voir [37] à [41], puis [43 à 57]). Mais il faut remplacer D, le poids du mètre cube, par :

$$D \times \frac{L}{l_1}. \qquad [61]$$

Pour déterminer x_2, on peut ensuite admettre, par approximation, que la poussée du terrain, sur le mur, entre les contreforts est proportionnelle à la surface du triangle *efg*, tandis que la poussée du terrain, sur le contrefort, est proportionnelle à la surface du rectangle *abcd*, α étant ce que l'on pourrait appeler l'angle d'éventrement du terrain.

Or, quelle que soit la valeur de α, on a :

Surface du triangle : $s = (L - l_1)\frac{d}{2}$;

Surface du rectangle : $S = Ld$.

Rapport : $$S = \frac{L - l_1}{2L}. \qquad [62]$$

La valeur de la poussée F_{m0}, qu'il faudra employer pour calculer x_2, devra donc être égale à la fraction

$$\frac{L - l_1}{2L} \times F_{m0}, \qquad [63]$$

de la poussée F_m, employée pour calculer x. C'est cette valeur réduite de F_{m0} et, par analogie, de F_mY, qu'il faut introduire dans les formules de stabilité.

D'ordinaire on admet $$L = 5l_1 ; \qquad [64]$$

et l_1 est souvent voisin de 1 mètre.

La position rationnelle des contreforts est, en saillie, du côté opposé au terrain soutenu ; de manière qu'ils travaillent par compression, dans toute leur épaisseur x.

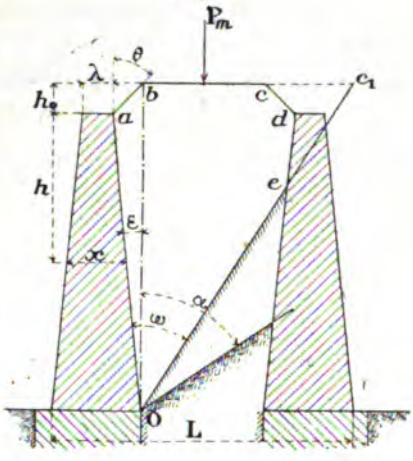
Cependant, il arrive que, pour ne pas perdre de place, on les met du côté même du terrain. Ils agissent, alors, partiellement par traction, dans leur épaisseur x. En ce cas, il faut une exécution plus soignée, une liaison plus complète à la jonction du mur et du contrefort. Il faut aussi des matériaux plus résistants à l'arrachement.

Il convient même de traverser les contreforts par des tirants

en métal, sur toute l'épaisseur x. Et de munir ces tirants de larges plaques d'ancrage, de manière que le contrefort constitue une espèce de monolithe indéformable.

29. — *Murs de soutènement jumeaux.* — En de certains cas, le terrain soutenu se trouve resserré entre deux murs parallèles, ou presque parallèles comme l'indique la figure 3.

Fig. 3



Qu'il y ait surcharge en terre h_0 et surcharge distincte P_m, ou qu'il n'y en ait pas, le calcul de l'épaisseur x, pour une hauteur variable h, se fait absolument comme dans le cas d'un seul mur. Seulement, dans la recherche des angles $\omega_0\omega$, de la poussée $F_{m\omega}$, et du moment de renversement F_mY, il faut faire attention, que le coin de poussée peut être limité partiellement, suivant $Oabcde$O, au lieu de l'être suivant $Oabc_1O$ comme dans le cas ordinaire, qui a servi à l'établissement des formules.

Si la hauteur du mur est grande, la partie à retrancher $edcc_1e$ peut devenir trop importante pour pouvoir être négligée, sans inconvénient.

La théorie générale, établie au n° 4 et suivants, permet de tenir compte de ce retranchement, en toute exactitude. Le calcul est seulement un peu plus long.

Quand la distance L n'est pas trop considérable, c'est ici tout à fait le cas d'employer des tirants en métal, avec plaques d'ancrage, réunissant les deux murs.

On calcule ces tirants, comme il va être expliqué n° 30.

30. — *Tirants et ancrages.* — Les tirants et ancrages ont leur raison d'être, non seulement pour armer des contreforts, ou des murs jumeaux; mais encore, pour soulager les murs de soutènement ordinaires.

Quand on a calculé, au moyen des formules [30] puis [37] à

[41] pour une hauteur h' : les angles $\omega_0\omega$, la poussée F'_{m0}, le moment F'_mY', on peut s'imposer d'annuler telle fraction que l'on veut de cette poussée, par des tirants noyés dans le terrain à soutenir. Le reste étant laissé à la charge du mur proprement dit.

On calcule alors l'épaisseur x' du mur, pour la même hauteur h', en introduisant, dans la charge distincte sur mur T, (voir fig. 1), la part d'effort réservée aux tirants suivant la direction de ces tirants qui sont toujours disposés horizontalement, ou à très peu près horizontalement.

Au niveau donné par Y', on met une première série de tirants ; en les espaçant, au maximum de x', dans le plan horizontal. On calcule leur section, en ayant égard à la valeur de F'_{m0}, correspondant à une longueur de mur, égale à l'écartement horizontal choisi entre deux tirants voisins.

On fait le même calcul de : F''_{m0}, F''_mY'', Y'', x'', pour une deuxième valeur h'' de h.

On installe, au niveau de la poussée différentielle F''_{m0}-F'_{m0}, c'est-à-dire à la hauteur :

$$Y'' = \frac{F''_mY'' - F'_mY'}{F''_m - F'_m}, \qquad [65]$$

une deuxième rangée de tirants, placés au même écartement horizontal, que dans la première rangée ou à tout autre écartement qui conviendra, pourvu qu'il soit inférieur à x''. Et on calcule la section de ces tirants, en ayant égard à la valeur de $F''_{m0} - F'_{m0}$ correspondant à une longueur de mur égale à l'écartement adopté.

On continue, de la même manière, jusqu'à ce que l'on soit arrivé au niveau de la fondation.

Pour que chaque tirant travaille efficacement, il faut qu'il trouve un point fixe à son extrémité enfoncée dans le terrain.

Ce point fixe peut être demandé à un massif spécial de maçonnerie. Alors, il faut que le poids du massif en question soit au moins égal à l'effort que doit exercer le tirant. Il est prudent de ne pas tenir compte du poids de la terre, qui peut recouvrir ce massif. Cela suppose un coefficient de frottement voisin de 1.

Mais si, pour construire les massifs spéciaux dont il vient d'être parlé, il est nécessaire de pratiquer des fouilles, également spéciales et profondes, ce moyen peut devenir aussi onéreux, que de donner, au mur de soutènement, l'épaisseur qu'il de-

vrait avoir, en l'absence de tout tirant. Il est, en fait, peu employé.

On se contente, d'ordinaire, de noyer verticalement dans le sol : une pierre percée, ou une plaque de métal percée dite : plaque d'ancrage, présentant une certaine surface plane.

C'est alors le terrain lui-même qui doit constituer le point fixe.

Il ne le peut qu'en présentant, à l'action de la plaque d'ancrage, une espèce de pyramide à axe sensiblement horizontal ayant, pour petite base, la surface s de la plaque, et, pour grande base, une surface S, semblable, mais d'autant plus grande que la distance l_2, entre les deux bases, est elle-même plus considérable.

Cette pyramide, comprimée sur sa petite base par l'ancrage, exerce, sur le terrain environnant, un frottement d'autant plus fort que son poids est plus important. On admet que ce poids doit aussi être, comme celui du massif spécial, dont il a été parlé tout à l'heure, au moins égal à l'effort exercé par le tirant. Soit F'_{m0} cet effort.

Supposons la surface s négligeable. L'angle des faces de la pyramide, avec son axe longitudinal, est d'environ 26 à 27°. La tangente de cet angle est environ 0,5. On a donc :

$$S = (2 \times 0{,}5\, l_2)^2 = l_2^2.$$

Le poids de la pyramide devient :

$$\frac{1}{3} D\, l_2^3.$$

Et il faut que l'on ait :

$$l_2^3 \geq \frac{3F'_{m0}}{D}. \qquad [66]$$

Il faut de plus :

1° Que $\frac{l_2}{2}$ soit plus petit que la hauteur du terrain, au-dessus du tirant ; autrement la base S de la pyramide saillirait, par-dessus le sol. Le poids de cette pyramide (ou le frottement qu'il détermine) deviendrait insuffisant, et devrait être regagné par une augmentation de l_2 capable de compenser la réduction de S.

2° Que la grande base de la pyramide s'arrête par rapport à la paroi interne du mur au delà de la zone comprise dans l'angle d'éboulement α.

Cela conduit finalement à une longueur totale L_2 du tirant, donnée par la relation :

$$L_2 \geqq \frac{3\ F'_{m0}}{D} + H \operatorname{tg} \alpha. \qquad [67]$$

Ajoutons que l'emploi de tirants avec ancrages n'offre guère d'économie, quand il faut fouiller le terrain pour les mettre en place.

Aussi ne sont-ils employés, que quand le terrain à soutenir est rapporté. Alors on pose les tirants au fur et à mesure que le remblai monte. Mais on se heurte, là encore, à des inconvénients : c'est que tout terrain remué s'affaisse, malgré le pilonnage par assises le plus soigné. Les tirants sont, par suite, exposés à des ploiements qui peuvent altérer leur résistance.

D'autre part, comme les tirants ne peuvent guère être qu'en fer ou en acier, ils sont fatalement exposés à la rouille, qui peut les ronger assez vite. On pare, en partie, à ce défaut, en les galvanisant. Ce qui augmente le coût.

Une autre solution, employée parfois dans le terrain non remué à soutenir, consiste à faire pénétrer profondément des pieux à vis horizontaux et mieux inclinés de manière à descendre en s'enfonçant. Une inclinaison tout indiquée est celle perpendiculaire à la face vue du mur qui est très généralement penchée contre le terrain soutenu.

La longueur de ces pieux peut rester un peu inférieure à celle donnée par la formule [67]. Leur section dépend plus de la difficulté qu'il y a de les faire pénétrer en tournant dans le sol, que de l'effort de traction qu'ils auront à exercer sur le mur. Aussi ne les emploie-t-on que dans les terres peu compactes et sans grosses pierres.

Leur coût est assez élevé.

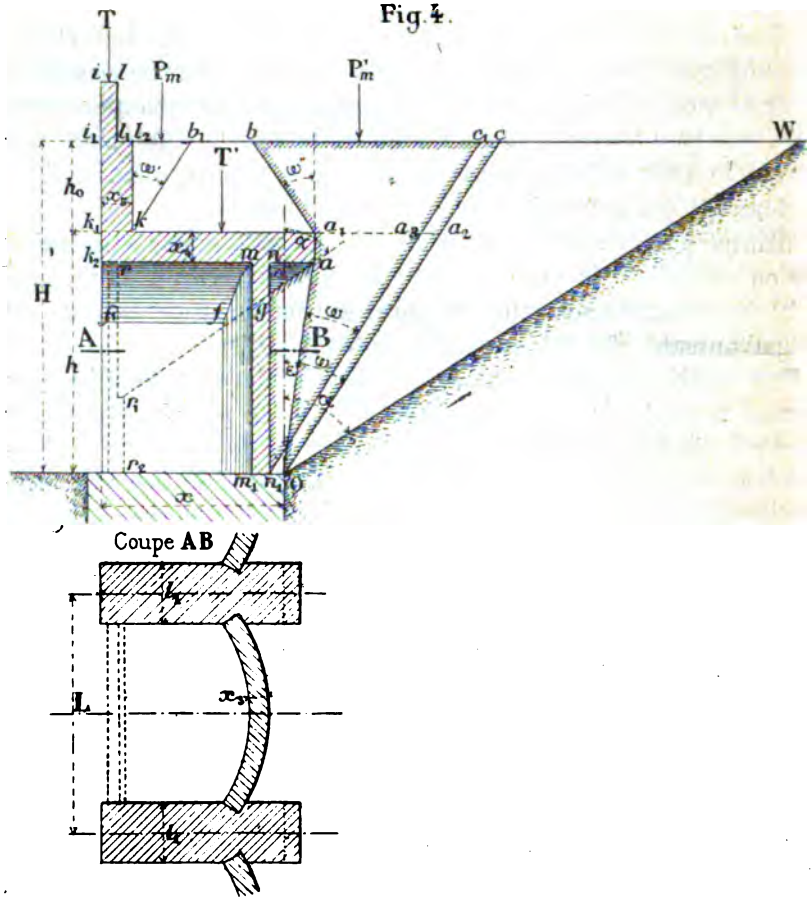
31. — **Mur de soutènement allégé.** — Les formules [46] montrent que x dépend de px_1. Or il est clair qu'on peut réduire p, en augmentant x_1, pour une même valeur du produit px_1.

C'est un moyen souvent employé pour diminuer le cube réel des maçonneries, c'est-à-dire leur prix.

Ce moyen est particulièrement convenable en terrain de remblai et quand on tient à utiliser la plus grande superficie horizontale possible, tant au niveau supérieur qu'au niveau inférieur du terrain, auquel cas on est forcément conduit à mettre la face vue du mur dans un plan vertical.

Alors, en ménageant dans le mur et dans le terrain des cavités profondes, partant du sol inférieur pour monter plus ou moins haut, on a l'avantage de créer, par le fait même, des emplacements couverts ne recevant, il est vrai, la lumière que d'un seul côté, mais pouvant néanmoins servir comme magasins, etc.

Fig. 4.



Si, en même temps, on arrête l'extrados des voûtes, couvrant ces cavités, à un niveau tel qu'on puisse mettre de la terre pardessus, on arrive à réaliser très économiquement toute la stabilité désirable.

C'est la disposition présentée par la figure 4.

Toute la poussée du terrain est combattue par des pilastres, dont on se donne : la largeur l_1, l'écartement d'axe en axe L et la

hauteur h. On se donne aussi : la hauteur de surcharge en terre h_0 et l'angle ε.

Les pilastres sont reliés deux à deux :

1° Par une voûte cylindrique, à axe horizontal, couvrant la cavité ;

2° Par une voûte cylindrique, à axe vertical, fermant la cavité du côté du terrain soutenu.

L'épaisseur x_4, de la première voûte, se calcule en fonction de la charge verticale, par mq, qu'elle doit porter de son rayon de courbure que l'on se donne et de l'écartement $L - l_1$ des pilastres. Tout est connu.

L'épaisseur x_3 de la seconde voûte se calcule en fonction du même écartement des pilastres $L - l_1$ du rayon de courbure que l'on se donne aussi et de la poussée des terres, au mètre courant, définie dans le plan vertical par la figure $n_1 g a a_1 a_3 n_1$, plus une surcharge possible en terre ou distincte P'_m. Tout est encore connu. La grandeur de $\omega_0\omega$ et la valeur de F_{m0}, pour une hauteur donnée, se déterminent comme il a été indiqué au n° 9 et suivants ou par les formules [37] à [41].

On peut chercher la poussée F_{m0} à des hauteurs différentes et déterminer x_3 en conséquence.

Il est avantageux de faire faire à la voûte supérieure saillie sur la base des pilastres du côté des terres. On prend pour cela ε négatif (voir n° 17). Et on adopte tg $(-\varepsilon)$ compris entre $-0{,}10$ et $-0{,}15$. Il en résulte une surcharge plus grande, sur la voûte supérieure, surcharge qui, reportée sur les pilastres, est favorable à la stabilité de l'ensemble.

L'épaisseur x_5 est généralement constante, sur la hauteur h_0 qui n'est jamais bien forte (cette épaisseur pourrait être variée). On la calcule en tenant compte : du coin de poussée $k l_2 b_1 k$, de la surcharge distincte P_m qui peut surmonter ce coin, de même que de la surcharge distincte T qui peut être appliquée directement sur le mur $k_1 i_1 l_2 k$, comme par exemple le garde-corps $i_1 i l l_1 i_1$ et ce qu'il peut avoir à porter. Tout est connu.

Il ne reste plus à trouver que l'épaisseur x, au pied du pilastre.

La surcharge en terre est $a_1 b c a_2 a_1$ sur la longueur l_1, plus $a_1 b c a_2 a_1$ sur la longueur $L - l_1$. La surcharge distincte est P'_m sur la même longueur L.

Les angles $\omega\omega'$ et ω'' de même que les poussées et les moments

se déterminent par la méthode exposée au n° 9 et suivants ou par les formules [37] à [41].

On peut prendre $\omega = \frac{\alpha}{2}$.

La poussée des terres contre le pilastre comprend :

1° La poussée contre la voûte verticale, définie par la figure $n_1 g a a_1 a_3 n_1$, déjà établie plus haut par mètre courant, et qu'il faut étendre à la longueur $L - l_1$.

2° La poussée contre le pilastre lui-même définie par la figure $O a a_1 b c O$ sur la longueur l_1.

La surcharge distincte sur la maçonnerie du pilastre comprend à son tour :

1° Le poids de la maçonnerie de la voûte supérieure défini par $f_1 f m a a_1 k l_2 l_1 i f_1$ qui peut s'exprimer en fonction de x sur la longueur $L - l_1$;

2° Le poids de la terre défini par la figure $a_1 k l_2 b a_1 = T'$ qui peut également s'exprimer en fonction de x sur la longueur L ;

3° La surcharge distincte, qui peut agir au-dessus du sol, de l_1 en b, laquelle est toujours une fonction de x, sur la longueur L ;

4° Enfin la surcharge distincte T, déjà établie par mètre courant, pour le calcul de x_1, et qu'il faut étendre à la longueur L.

Toutes ces forces, de même que leurs points d'application, étant déterminés, on peut trouver : F_{x0}, $F_x Y$ et par suite x, au moyen des formules générales [37] [41], avec celles [48] à [57].

Il faut bien tenir compte du signe de ε.

Il faut aussi dans [49] remplacer $\lambda = sx$ par :

$$\lambda = x - h \operatorname{tg} \varepsilon. \qquad [68]$$

Ce qui, dans la figure 4, par exemple, donne $\lambda = x - h \operatorname{tg} (-\varepsilon) = x + h \operatorname{tg} \varepsilon$.

Le calcul est long. Il demande à être exécuté avec beaucoup d'attention, mais il conduit immanquablement au résultat cherché, résultat qui, sans le secours du calcul, serait bien malaisé à fixer ou, du moins, ne comporterait aucune garantie d'exactitude, même très éloignée.

Nous avons tenu à indiquer pas à pas la marche à suivre, justement à cause de la complexité du cas et pour servir d'exemple.

Quand on n'a pas de raison d'utiliser les cavités (pratiquées dans un mur de soutènement) dont il vient d'être parlé, il y a tout de même avantage à les ménager. Alors, on supprime purement et simplement toute la paroi du fond $\overline{mm_1}$, en laissant le terrain prendre son talus naturel, sous la voûte, suivant la ligne $\overline{ar_1}$, ou bien on ferme la cavité par une paroi rr_1r_2, mince dans le haut et assez épaisse dans le bas pour soutenir le pied du talus naturel dont il vient d'être parlé. Ceci autant que de besoin.

Cette dernière solution est figurée en pointillé dans la figure 4.

32. — Conclusion. — La méthode qui vient d'être exposée permet de résoudre, en suivant invariablement la même marche, tous les problèmes de résistance à la poussée des terres, si compliqués qu'ils soient.

Elle offre pleine sécurité, à une condition unique : c'est que l'on attribue, à l'angle d'éboulement naturel α, la valeur pratique qui lui convient. L'incertitude sur la réalité de cette valeur n'est jamais considérable (voir n° 20). S'il y a doute, il est toujours loisible de forcer la valeur de α.

III

Appendice.

33. — Liste et définition des symboles employés. — α = angle WOY entre la ligne du talus naturel des terres à soutenir et la verticale *(fig. 1)* en degrés nonagésimaux ;

ε = angle EOY, entre la ligne de la paroi du mur en contact avec les terres et la verticale. Cet angle est compté positivement *à gauche* de OY *(fig. 1)*, dans les formules ; il pourrait être négatif, c'est-à-dire tomber à droite de OY.

θ = angle BAY_1, entre la ligne du talus donné à la surcharge en terre, au-dessus de la crête du mur et la verticale *(fig. 1)* ;

$\omega\omega_0$ = angle au sommet du *coin*, qui donne le moment de renversement maximum et angle au sommet du *coin*, qui donne la poussée de glissement maxima ;

β = angle auxiliaire $(\alpha - \varepsilon)$, par abréviation ;

$\varphi = (\omega - \varepsilon)$; $\varphi_0 = (\omega_0 - \varepsilon)$ angles auxiliaires par abréviation ;

$\psi = (\alpha - \omega)$; $\psi_0 = (\alpha - \omega_0)$ angles auxiliaires par abréviation ;

h = hauteur de l'assise considérée, au-dessous de la crête du mur, prise verticalement, en mètres ;

h_0 = saillie du terrain compris entre deux plans horizontaux passant, l'un par la crête A du mur et l'autre par le point B qui limite la base de la surcharge distincte, saillie prise verticalement, en mètres *(fig. 1)* ;

H = somme des deux hauteurs $h + h_0$;

A la limite, h devient nulle au sommet du mur. h prend, au contraire, sa valeur maxima, quand on considère l'assise inférieure de la fondation du mur sur ou plutôt dans le sol ;

DD_1 = poids du mètre cube de la terre soutenue et poids du mètre cube de la maçonnerie constituant le mur de soutènement et sa fondation, en kilogrammes ;

RR_1 = poids, par mètre carré, dont peut être pratiquement chargé le terrain qui porte la fondation et poids, par mètre carré, dont peut être pratiquement chargé une assise quelconque du mur, en kilogrammes. Ces poids sont ceux qu'il ne faut pas dépasser, en *aucun point* du terrain, sous la fondation, et en *aucun point* des assises du mur ;

p = poids du mur de section constante OAijO *(fig. 1)*, par mètre courant de longueur perpendiculaire au plan de la figure, en kilogrammes ;

$x\lambda$ = épaisseur du mur, dans une assise située à h, au-dessous de la crête, et épaisseur du mur, au niveau de la crête, en mètres *(fig. 1)* ;

x_0 = distance du centre de gravité G' de la surcharge distincte P_m, à l'axe OY *(fig. 1)*, correspondant au moment de renversement maximum, en mètres ;

x_1 = distance, à l'axe OY *(fig. 1)*, du centre de gravité g de la portion du mur comprise entre la crête et l'assise considérée au-dessous de cette crête, en kilogrammes ;

$x_2x_3x_4x_5$ = épaisseurs particulières diverses (voir *fig.* 2 et *fig.* 4), en mètres ;

y = distance de l'arête O *(fig. 1)*, d'une assise considérée du mur, au point de butée n_1, contre le mur, d'une tranche quelconque $\overline{nn_1}$ du coin de poussée des terres, correspondant à cette assise, en mètres ;

y_1y_2 = distance, à la même arête O, du point de passage, sur la face du mur en contact avec les terres soutenues, de la résul-

tante des poussées : 1° du *coin* en terre OABCO *(fig. 1)* ; 2° de la surcharge distincte $df_0g_0h_0k_0Cd$, agissant sur la tête du *coin* correspondant au moment de renversement maximum, en mètres ;

Y = distance, à la même arête O, du point de passage de la résultante générale F_m *(fig. 1)*, correspondant au moment de renversement maximum, en mètres ;

y_1y_2Y sont aussi les ordonnées, au-dessus de la droite $\overline{OC_2}$ *(fig. 1)*, perpendiculaire à $\overline{OA}$, des centres de gravité des *sections transformées* : 1° du *coin* de poussée en terre ; 2° de sa surcharge distincte ; 3° de leur résultante, en mètres ;

zZ_0Z_1 = distance variable à la droite $\overline{OC}$ *(fig. 1)* : 1° de la tranche de terre élémentaire quelconque $\overline{nn_1}$; 2° du point G_0, projection verticale du centre de gravité G' de la surcharge distincte ; 3° du centre de gravité G_1 du *coin* en terre correspondant au moment de renversement maximum, en mètres ;

PP_1 = surcharge distincte, au sommet *n (fig. 1)*, d'une tranche mince $\overline{nn_1}$, parallèle à $\overline{OC}$, prise dans le coin de poussée des terres, avec la composante perpendiculaire à $\overline{OC}$ de cette surcharge élémentaire, en kilogrammes ;

$P_mP_{m_0}$ = résultante des surcharges élémentaires P agissant verticalement sur la tête du coin de poussée : 1° correspondant au moment de renversement maximum ; 2° correspondant à la poussée de glissement maxima, en kilogrammes ;

qq_1 = poids propre de la tranche mince $\overline{nn}$ *(fig. 1)*, avec sa composante perpendiculaire à $\overline{OC}$, en kilogrammes ;

QQ_0 = résultante du poids des tranches *q*, correspondant : 1° au moment de renversement maximum ; 2° à la poussée de glissement maxima, en kilogrammes ;

FF_1 = réaction élémentaire du mur contre la tranche mince $\overline{nn_1}$ au point n_1, avec sa composante perpendiculaire à $\overline{OC}$ *(fig. 1)*, en kilogrammes ;

$F_mF_{m_0}$ = résultante des réactions élémentaires F, correspondant : 1° au moment de renversement maximum ; 2° à la poussée de glissement maxima, en kilogrammes ;

TT_0T_1 = résultante des charges directes provenant de toutes les forces, autres que celles issues : de la poussée du *coin* des terres, de la surcharge portée par la tête de ce *coin* et du poids propre de la partie de mur considérée. Ces charges en kilogrammes sont uniquement celles agissant sur les parois A*ij* du mur

(fig. 1), c'est-à-dire : depuis l'arête A de crête jusqu'à l'arête j de l'assise considérée. L'arête j peut être plus ou moins enfoncée dans le sol ;

t = distance du point d'application u *(fig. 1)* de la résultante T, sur le mur, à la verticale OY, passant par l'arête O de l'assise considérée, en mètres ;

v = distance, à la même verticale OY, du point de passage de la réaction résultante *sous* l'assise du mur considérée, en mètres ;

$\frac{R_1 x}{2}$ $\frac{R_1 x f_1}{2}$ = composante verticale et composante horizontale de la réaction résultante *sous* l'assise considérée en mètres ;

ff_1 = coefficient de frottement du terrain sur lui-même et coefficient de frottement de la maçonnerie composant le mur sur elle-même ;

l = longueur $\overline{nn_1}$ *(fig. 1)*, en mètres ;

l_0 = longueur $\overline{n_1 n_2}$ *(fig. 1)*, en mètres ;

l_1 = largeur des contreforts *(fig. 2)*, en mètres (et *fig. 4*) ;

l_2 = longueur partielle des tirants d'ancrage (voir n° 30), en mètres ;

L = distance d'axe en axe de deux contreforts ou de deux pilastres voisins *(fig. 2* et *4)*, en mètres ;

L_2 = longueur totale des tirants de soutien d'un mur ; en mètres ;

e = épaisseur très petite d'une tranche de terre $\overline{nn_1}$ *(fig. 1)* ;

abc = valeurs auxiliaires (voir [24]) ;

kk_1k_0 = valeurs auxiliaires (voir [17] et [27]) ;

$mnrs$ = valeurs auxiliaires (voir [48] et [49]) ;

$h'h F'_m F''_m F''_{m0} F'''_{m0} F'''_m Y' F''_m Y'' Y' Y'' x' x''$ = valeurs particulières (voir n° 30) ;

P'_m = valeur particulière de P_m (voir *fig. 4*, n° 31).

34. — OUVRAGES A CONSULTER. — Voici la liste d'un certain nombre d'ouvrages qui peuvent être consultés, sur la question du calcul des murs de soutènement :

1° L.-A. Barré, Ch. Vigreux, R.-P. Bouquet et L. Campredon : *Notes et formules de l'Ingénieur*, 1898.

2° Redtenbacher, professeur : *Résultats*, déjà ancien.

3° Claudel et L.-A. Barré : *Pratique de l'art de construire*, poussée des terres (anciennement par Claudel et Laroque), 6e édition.

4° Cousinery, Ingénieur des Ponts et Chaussées : *Détermination graphique de l'épaisseur des murs de soutènement*, Annales des Ponts et Chaussées, 1841, 1.

5° Kleitz, Inspecteur général des Ponts et Chaussées : *Poussée des terres, murs*, Annales des Ponts et Chaussées, 1844, 1.

6° Leveillé : *Contreforts*, Annales des Ponts et Chaussées, 1844, 1.

7° Bélanger, Professeur à l'École centrale des Arts et Manufactures de Paris : *Cours de résistance des matériaux*.

8° De Sazilly, Ingénieur des Ponts et Chaussées : *Équilibre des terres*, Annales des Ponts et Chaussées, 1851, 1.

9° Chaperon : *Équilibre des terres*, Annales des Ponts et Chaussées, 1853, 1.

10° De Saint-Guilhem : *Poussée des terres, avec ou sans surcharges*, Journal de Mathématiques pures et appliquées, T. IV, 2e série, 1859.

11° De Lafont : *Poussée des terres, murs de soutènement*, Annales des Ponts et Chaussées, 1866, 2, 1868, 1.

12° Considère, Ingénieur en chef des Ponts et Chaussées : *Poussée des terres*, Annales des Ponts et Chaussées, 1871, 1.

13° Levy (Maurice), Ingénieur en chef des Ponts et Chaussées : *Sur une détermination rationnelle, par approximation, de la poussée qu'exercent des terres dépourvues de cohésion, contre un mur ayant une inclinaison quelconque*, Rapport de M. de Saint-Venant, Comptes rendus de l'Académie des Sciences T. LXX, 1870.

14° Flamant, Ingénieur en chef des Ponts et Chaussées : *Poussée des terres*, Annales des Ponts et Chaussées, 1872, 2, et *Stabilité de la terre sans cohésion*, Annales des Ponts et Chaussées, 1874, 2.

15° Scheffler : *Theorie der gewolbe futter manern und eisernen Brucken*, Traduction par Fournié, Ingénieur des Ponts et Chaussées.

16° Ceradini : *même sujet*, Revue universelle des mines, 1876.

17° Muller-Breslau, Traduction de M. Seyrig : *Éléments de statique graphique*.

18° De Dion : Comptes rendus de la Société des Ingénieurs civils de France, 1871.

19° Résal, Inspecteur général des Mines, Professeur à l'École des Mines de Paris : *Mécanique rationnelle, théorie de la poussée des terres*, T. II, 1874 ; *Murs de soutènement*, T. V, 1880.

20° De Lagrené, Ingénieur en chef des Ponts et Chaussées : *Poussée des terres, avec ou sans surcharge*, Annales des Ponts et Chaussées, 1881, 2.

21° Dumanet (colonel), Professeur à l'École de Guerre, *Cours de construction.*

22° Jacquier : *Détermination graphique de la poussée des terres*, Annales des Ponts et Chaussées, 1882, 1.

23° Curie (J.) : *Poussée des terres*, Théorie et Expériences, Annales des Ponts et Chaussées, 1882, 1.

24° Boussinesq, Professeur de mécanique physique à la Faculté des Sciences de Paris : *Épaisseur minimum d'un mur de soutènement*, Annales des Ponts et Chaussées, 1882, 1.

25° Gobin : *Stabilité des murs de soutènement*, Annales des Ponts et Chaussées, 1883, 2.

26° Flamant, Ingénieur en chef des Ponts et Chaussées : Différents articles sur la *poussée des terres*, parus en Angleterre, Annales des Ponts et Chaussées, 1883, 2.

27° Collignon, Inspecteur général des Ponts et Chaussées, Professeur à l'École des Ponts et Chaussées de Paris : *Cours de mécanique appliquée aux constructions.*

28° Leygue, Ingénieur attaché aux Études du chemin de fer du Nord : *Étude et expériences sur la poussée des terres*, Annales des Ponts et Chaussées, 1885.

29° Lévy (Maurice), Ingénieur en chef des Ponts et Chaussées, Professeur au Collège de France et à l'École centrale des Arts et Manufactures de Paris : *La statique graphique et ses applications aux constructions*, 4e partie, 2e section, *Poussée des terres et des fluides, murs de soutènement*, 1887.

30° Dubosque (J.), Conducteur faisant fonction d'Ingénieur des Ponts et Chaussées : *Murs de soutènement*, 4e édition, Paris.

31° Rankine, Professeur à l'Université de Glasgow, Traduction de A. Violay : *Manuel de mécanique appliquée.*

NOTICE NÉCROLOGIQUE

SUR

Henry SIMON

PAR

M. G. COURTOIS

Nous apprenons la nouvelle de la mort de notre Collègue Henry Simon, Membre de la Société des Ingénieurs Civils de France, depuis 1867.

Nous extrayons de *The Manchester Courier*, les renseignements suivants sur la carrière et les travaux de notre Collègue.

Henry Simon, né en 1835 à Brieg (Silésie), est mort le 22 juillet 1899 à Didsburg (Angleterre).

Il fit ses études à l'Université de Breslau, puis à l'École fédérale polytechnique de Zurich, d'où il en sortit avec le diplôme d'Ingénieur en 1858.

De retour en Prusse, il entra comme dessinateur dans la maison Rohrig-Rohrig et König, fabricants de moteurs à vapeur et de turbines, à Magdebourg.

En 1860, après un court séjour en Angleterre, il fut envoyé en Russie, de 1860 à 1862, pour le compte de MM. Jametel, de Manchester, surveiller les travaux de construction du chemin de fer de Varsow à Vilna.

En 1864, après s'être fait naturaliser Anglais, il s'établit Ingénieur consultant à Manchester, et c'est comme tel qu'il s'occupa de perfectionner les moulins à farine et remplaça les anciennes meules en pierre par des cylindres et créa le moulin qui porte son nom.

Le nombre de moulins Simon existant à l'heure actuelle est suffisant pour moudre une quantité de farine quatre fois supérieure à celle que consomme l'Angleterre. Le capital représenté par ces moulins est de 25 millions de francs.

Simon créa encore le four à coke auquel il a également donné son nom, et pour lequel il reçut la médaille d'or et le Diplôme de l'Exposition de Londres en 1885.

Le Gérant, Secrétaire Administratif,
A. de Dax.

IMPRIMERIE CHAIX, RUE BERGÈRE, 20, PARIS. — 18200-8-99. — (Encre Lorilleux).

MÉMOIRES

ET

COMPTE RENDU DES TRAVAUX

DE LA

SOCIÉTÉ DES INGÉNIEURS CIVILS DE FRANCE

BULLETIN

DE

SEPTEMBRE 1899

N° 9.

1° *Le Cinquantenaire de l'Union des Ingénieurs et Architectes d'Autriche*, par M. A. Jacqmin. p. 271.

2° *Description de l'état actuel d'avancement des grands travaux de chemins de fer entrepris à Paris en vue de l'Exposition universelle de 1900*, par M. E. Hubou, p. 338.

3° *Bibliographie :*

Machines à vapeur et machines thermiques, de M. J. Dejust, par M. A. Rubin, p. 368.

Les Écoles de commerce en Allemagne et en France, de MM. Ed. Jourdan et G. Dumont, par M. E. Hubou, p. 369.

4° *Planches* n^{os} *219*, *220* et *221*.

LE CINQUANTENAIRE DE L'UNION

DES

INGÉNIEURS ET ARCHITECTES D'AUTRICHE

PAR

M. A. JACQMIN

L'Union des Ingénieurs et Architectes d'Autriche célébrait au mois de mars dernier, le cinquantième anniversaire de sa fondation; la Société des Ingénieurs civils de France avait été invitée à se faire représenter et, dans la séance du 7 avril dernier, nous avons eu l'honneur de rendre compte très sommairement des fêtes données; nous avions tenu à faire connaître à la Société, dès sa première réunion, l'excellent accueil fait à la délégation française.

Toutefois, à cette époque, nous n'étions pas en situation de bien faire saisir toute l'importance attachée par l'Union des Ingénieurs et Architectes à cette cérémonie. Aujourd'hui, grâce à l'obligeance de notre collègue autrichien, M. Ziffer (1), nous pouvons présenter un compte rendu à peu près complet.

Préliminaires.

La situation faite aux Ingénieurs en Autriche, il y a cinquante ans, était fort modeste; à part quelques emplois secondaires mal rétribués, dans les administrations de l'État ou les Chemins de fer, ils n'avaient d'autres ressources que les carrières industrielles encore bien peu nombreuses. Les Techniciens étaient considérés, pour ainsi dire, comme formant une caste inférieure à celle des anciens élèves de l'Université. Ces derniers seuls pouvaient aspirer aux premières places (2).

(1) M. Ziffer, Président de la Société de Chemins de fer de Lemberg-Czernowitz-Iassy, Président de l'Association pour le développement des chemins de fer d'intérêt local et des tramways, etc., nous a non seulement fourni tous les documents nécessaires à notre travail, mais il a bien voulu le contrôler lui-même, de manière à rectifier toute fausse interprétation; nous lui en exprimons ici toute notre reconnaissance. Nous devons également adresser nos remerciements à notre collègue M. Valat, Ingénieur principal des constructions métalliques aux Chemins de fer de l'Est, dont le concours nous a été très précieux.

(2) Discours de M. l'Ingénieur en chef des Mines Rücker, à la séance du 18 mars 1899.

C'est en vue de remédier à cette situation d'infériorité relative, que M. Frédéric Schnirch, Inspecteur adjoint des chemins de fer de l'État, et plusieurs de ses amis, décidèrent la création d'une Union des Ingénieurs d'Autriche. L'Union, constituée le 8 juin 1848 (1) fit connaître immédiatement son existence au Ministre en priant celui-ci de vouloir bien : « donner à l'Union la possibilité d'intervenir par ses délégués dans toutes les questions concernant les travaux publics ».

Dès l'origine, l'Union s'était divisée en quatre groupes techniques ou sections; elle en compte six aujourd'hui :

Section d'Architecture;
Section des Ingénieurs mécaniciens;
Section des mines et de la métallurgie;
Section de la construction des chemins de fer;
Section de l'hygiène considérée au point de vue technique;
Section de chimie.

Les questions à traiter sont renvoyées, en principe, à l'examen de la section intéressée, la solution proposée est ensuite discutée et arrêtée en séance plénière, puis notifiée à qui de droit.

Dès les premières années de son existence, malgré les difficultés financières qu'elle avait à surmonter, l'Union n'hésita pas à aborder des sujets de haute importance, tels que :

L'organisation du Ministère des Travaux publics;
La détermination d'un plan d'études pour les établissements d'instruction;
Le projet de construction du chemin de fer du Semmering;
La régularisation du cours du Danube, etc.

Les décisions prises par l'Union n'avaient évidemment aucune valeur légale, on ne tarda pas cependant à leur reconnaître une réelle valeur morale; moins de quinze ans après la constitution de l'Union, le Ministre du Commerce sollicitait son avis au sujet de l'extension à donner au réseau des chemins de fer.

En 1866, l'Union avait demandé, sans succès, à avoir des délégués dans la Commission nommée pour étudier la régularisation du cours du Danube; elle entreprit alors le travail directement, le programme présenté par elle reçut la sanction impériale et les travaux furent confiés à MM. Wex, Podhagsky, Borkowitz et Fœnner, tous Membres de l'Union.

(1) C'est en 1863 seulement, qu'eut lieu la fusion de l'Union des Architectes avec celle des Ingénieurs.

Depuis cette époque, l'Union a été maintes fois consultée par les pouvoirs publics sur les questions les plus diverses, nous citerons notamment :

La réforme du système des poids et mesures;
Le projet de construction du chemin de fer de l'Arlberg;
L'organisation de l'enseignement industriel;
L'établissement d'une classification rationnelle des fers et métaux (question posée par M. le Président du Comité militaire administratif et technique), etc.

Enfin, dans certaines circonstances, telles que l'étude des ponts à construire sur le Danube, à Vienne, la réorganisation du système d'examens et de diplômes pour les hautes écoles techniques, les Ministres compétents ont demandé à l'Union de désigner elle-même des délégués pour faire partie des Commissions chargées d'étudier ces questions importantes.

Ces quelques détails suffisent à montrer que l'Union n'a cessé de poursuivre le but que ses fondateurs se proposaient d'atteindre : amélioration de la situation de l'Ingénieur au point de vue social, et il est permis de dire que des progrès considérables ont été dès à présent obtenus. Ces techniciens, dont la position était autrefois secondaire, jouissent aujourd'hui de la considération générale, les avis qu'ils émettent, soit de leur propre initiative, soit sur demande des autorités publiques, sont toujours sérieusement appréciés, et servent très souvent de base aux décisions de l'autorité supérieure.

On comprend aisément qu'en présence de pareils résultats, l'Union des Ingénieurs et Architectes d'Autriche n'ait pas voulu se borner à une simple réunion suivie d'un banquet pour célébrer son cinquantenaire, il importait de faire ressortir la valeur de l'élément technique.

A cet effet, la réunion générale officielle a été précédée d'une série de six conférences préparatoires, savoir :

1° Section d'Architecture. 4 février 1899 :

Histoire de la construction à Vienne de 1848 à 1898, par M. l'architecte Chevalier de Neumann;

2° Section des Ingénieurs mécaniciens. 11 février 1899 :

Importance actuelle de la construction des machines, par M. l'Ingénieur Pierre Zwiauer, directeur de la Société d'inspection et d'assurance des machines à vapeur;

3° Section des mines et de la métallurgie. 18 février 1899 :

Coup d'œil sur le développement de l'industrie des mines et de la métallurgie en Autriche, depuis 1848 jusqu'en 1898, par M. Heyrowsky, ingénieur des mines;

4° Section de la construction et des chemins de fer. 25 février 1899 :

Le développement de la construction des chemins de fer de 1848 à 1898, par M. Guillaume Ast, conseiller du Gouvernement et directeur de la construction du chemin de fer Empereur Ferdinand du Nord;

5° Section de l'hygiène considérée au point de vue technique. 4 mars 1899 :

L'assainissement des villes en Autriche-Hongrie, de 1848 à 1898, par M. l'Ingénieur en chef Attilio Rella;

6° Section de chimie. 4 mars 1899 :

Développement et avenir de l'électro-chimie technique, par M. l'Ingénieur en chef Victor Engelhardt, Président de la Section d'électro-chimie dans la maison Siemens et Halske.

Nous donnerons ci-après une analyse succincte de chacune de ces conférences (1).

Nous rappellerons ensuite brièvement les fêtes proprement dites qui ont fait l'objet de notre communication du 7 avril.

Nous arriverons enfin à la description des grands travaux publics actuellement en cours d'exécution à Vienne, travaux dont la visite réservée pour le dernier jour des réunions a présenté le plus vif intérêt.

CONFÉRENCES

Histoire de la Construction à Vienne (1848-1898)

(*Zeitschrift* n° 13 du 31 mars 1899).

Au début de sa conférence, M. de Neumann rappelle que dans le courant du siècle dernier, l'architecture à Vienne était dans une situation florissante; le style dit baroque régnait alors dans toute sa splendeur, et on lui doit nombre de constructions

(1) Ces conférences ont été publiées *in extenso* dans le journal de l'Union, *Zeitschrift des österreichischen Ingenieur und- Architekten Vereines* (n°s 13, 14, 15, 16, 17 et 18 de 1899), qui se trouve à la bibliothèque de la Société.

intéressantes dont quelques-unes datent même des premières années de ce siècle; mais une sorte de décadence survint. A une suite de guerres furieuses succéda une période de calme, presque le calme de la mort.

Une oppression générale pesait sur la science et sur l'art; le fonctionnarisme se développait, on créait la fonction d'architecte de la cour. Seuls, quelques artistes, en petit nombre, pouvaient déployer une modeste activité. Van der Null et Siccardsburg construisent le Carl théâtre; Etzel et Fœrster, le bain de Diane; Moreau, la Banque nationale; d'autres, des maisons particulières, bref rien de bien saillant.

Avec l'année 1848, commence une ère nouvelle, sous l'empire des idées d'indépendance et de liberté, l'initiative surgit, l'Union des Architectes est fondée, entre immédiatement en lutte contre l'organisation administrative et obtient du Ministre Pillerstorf la promesse qu'à l'avenir tous les plans de monuments publics seront mis au concours. Dès 1849, on attaque les travaux de l'arsenal, Van der Null et Siccardsburg sont chargés du bâtiment principal, Fœrster et Hansen du Musée d'armes; Rœsner, de la Chapelle.

En 1855, Ferstel triomphe dans le concours pour la construction de l'église votive et peu après pour celle de la Banque et de la Bourse.

Nous ne saurions mentionner ici tous les travaux énumérés par M. de Neumann, rappelons seulement avec lui, l'intérêt porté par l'Empereur à ces questions de grands travaux.

« Je veux, avait écrit Sa Majesté, que l'on entreprenne l'agrandissement de la ville intérieure sur la base d'une réunion convenable de la ville aux faubourgs, et qu'à cette occasion on se préoccupe de la régularisation et de l'embellissement de ma Résidence (1) capitale de l'Empire. »

C'est à la suite de ces instructions que, sur un plan dressé par Fœrster, Van der Null, Siccardsburg, Stache et autres, la démolition du mur d'enceinte et celle des bastions furent résolues. Quelques années après l'Empereur décidait, malgré l'opposition des autorités militaires, que le champ de manœuvres alors existant serait cédé à la ville pour y établir le Rathaus (hôtel de ville), l'Université, le Parlement et enfin un jardin public.

L'architecture entrait décidément dans une voie nouvelle. Le premier grand monument construit fut l'Opéra (1861).

(1) Residenzstadt.

L'établissement de maisons bourgeoises neuves donna lieu à de vives discussions entre Ferstel et Fellner, le premier soutenant que la maison d'habitation devait être étudiée particulièrement comme maison de famille et se rapprocher des types du moyen âge; Fellner combattait cette théorie; un compromis fut adopté. La maison devait tout d'abord répondre aux besoins pratiques de la vie de famille; mais elle pouvait aussi présenter un caractère artistique.

Hansen eut le premier en Autriche l'idée de grouper des maisons voisines, en leur donnant la même architecture de manière à obtenir de grandes lignes donnant aux rues un aspect monumental, voir les constructions avec arcades près de l'église votive et du champ de manœuvres. Il est bien entendu que l'architecture des groupes de maisons doit toujours être en harmonie avec celle des grands monuments à proximité desquels ils sont établis.

La répartition du terrain de l'ancien champ de manœuvres entre les trois grands édifices qu'il devait recevoir, fit l'objet de nombreuses discussions auxquelles prirent part Hansen, Ferstel, Schmidt et bien d'autres. On s'arrêta définitivement à la solution suivante : au milieu, le Rathaus, à gauche le Parlement, à droite l'Université. Le Parlement et l'Université sont en façade sur le Franzens-Ring, le Rathaus est très en arrière et sur un terrain plus élevé, entre les trois palais on a tracé le jardin prévu dans la décision primitive.

A côté de ces trois grands édifices, il convient de citer encore les deux musées dus à Hasenauer; les musées sont situés sur le Burg-Ring en face du palais impérial, tout à fait à proximité du Parlement.

Nous n'énumérerons point ici les autres bâtiments cités par M. de Neumann, théâtres, hôtels, banques, etc., nous ne pouvons que renvoyer à la notice elle-même.

Nous rappellerons seulement que vers la même époque apparurent les premières préoccupations relatives à l'hygiène dans les constructions publiques, casernes et hôpitaux bâtis par M. de Gruber notamment.

La construction des maisons de campagne fit également de très sérieux progrès.

L'architecture religieuse était de son côté loin d'être dédaignée. Schmidt, l'un des plus grands architectes que l'Autriche ait jamais possédés avait construit un grand nombre d'églises.

La restauration de la cathédrale de Vienne avait été entreprise par Ernst que son fils était venu seconder; mais après la mort de Ernst père, Schmidt fut chargé de la direction générale du travail en ayant pour sa part personnelle la reconstruction du clocher ainsi que d'autres parties de l'église tant à l'extérieur qu'à l'intérieur.

Les architectes eurent également à s'occuper dans diverses circonstances de statues à élever sur les places publiques; citons seulement celle de Schmidt devant le Rathaus, c'est un véritable monument digne du vieux maître.

Nous arrivons à l'année 1891; par ordre impérial les derniers murs d'enceinte tombent, les faubourgs sont réunis à la ville; M. le comte Kielmansegg, gouverneur de la province, M. de Wittek, Ministre des chemins de fer, font adopter le programme des grands travaux publics à exécuter dans Vienne : régularisation de la Wien, transformation du canal du Danube en port de commerce avec collecteurs latéraux et enfin chemin de fer métropolitain, le travail ne manque pas aux architectes, il n'est pas près de leur faire défaut. La réunion des faubourgs à la ville est toute récente, de nouveaux besoins ne tarderont pas à surgir, les architectes ne failliront point à leur tâche, ils continueront à se montrer respectueux du passé, des traditions de leur pays, ils se rappelleront toujours que le progrès ne s'obtient pas par bonds, mais par un effort constant, enfin, ils sauront rester unis entre eux, appliquant à leurs relations communes la devise impériale : *Viribus unitis*.

Importance actuelle de la construction des machines.

(*Zeitschrift*, n° 14 du 7 avril 1899).

La construction des machines n'a pris d'importance en réalité que depuis le commencement de ce siècle.

Auparavant, dit M. le Directeur Zwiauer, « les ingénieurs n'a» vaient à résoudre que des cas particuliers déterminés dont la » solution ne pouvait exercer aucune influence sur l'ensemble ».

Chercher à faire l'historique de la construction des machines à son début, et rappeler les progrès successifs réalisés constituerait une énorme tâche dépassant de beaucoup les limites d'une simple conférence; c'est pourquoi l'auteur a dû se borner à énu-

mérer aussi exactement que possible les différentes catégories de machines actuellement en usage, ce qui permet d'ailleurs d'avoir une idée très nette des services rendus à l'homme par la machine.

C'est donc en réalité une sorte de catalogue de la machine à l'époque actuelle que M. Zwiauer a dressé; il l'a fait avec le plus grand talent, sauvant par la pureté et la variété de la forme la sécheresse d'une simple nomenclature.

Nous ne pouvons malheureusement reproduire toute cette conférence, nous nous bornerons à en analyser quelques passages.

Les moyens de transport constituent assurément un des facteurs les plus importants de la vie moderne. Considérons d'abord les transports maritimes : l'Océan est aujourd'hui journellement traversé par d'innombrables paquebots qui ne redoutent plus rien ni du vent ni de la mer, et n'ont guère à redouter qu'une collision avec un autre navire; ou l'échouage lorsque le brouillard ne permet pas de percevoir nettement les signaux des phares. Ces paquebots qui peuvent marcher à 40 ou 50 *km* à l'heure, la vitesse d'un train omnibus, en transportant des milliers de tonnes de marchandises et, chose encore plus précieuse, des centaines d'existences humaines, ces paquebots, disons-nous, sont mus par des machines d'une force de plusieurs milliers de chevaux qui font tourner les hélices donnant l'impulsion au navire.

Mais là ne se borne pas le rôle de la machine, le gouvernail, trop lourd pour être manœuvré à bras, est actionné par la machine; pour l'éclairage électrique, la ventilation des parties basses du navire, la distillation de l'eau, la fabrication de la glace, la manutention des colis, toujours des machines.

D'autres machines compriment l'air envoyé dans le foyer à une pression correspondant au tirage nécessaire pour obtenir la vitesse voulue; le chargement du foyer se fait également mécaniquement.

A l'arrivée, aussitôt les voyageurs débarqués on procède au déchargement des marchandises; alors interviennent les grues à vapeur, grues hydrauliques, appareils pneumatiques au moyen desquels on enlève les céréales, le riz, etc., et l'on transporte ces produits dans des docks où ils sont aérés, retournés, conservés jusqu'à leur réexpédition sur l'intérieur.

Enfin, sans nous attarder aux machines spéciales intéressant la navigation fluviale, mentionnons encore les appareils hydrauli-

ques qui permettent de soulever un navire tout entier et de l'élever en quelques minutes au-dessus de la surface de l'eau, de manière à visiter aisément la coque sans avoir besoin de passer par la cale sèche.

Ce qu'il y a de plus intéressant dans ces installations, c'est peut-être moins le développement de force et la précision de la manœuvre que l'étude attentive des divers organes de détail dont les efforts réunis permettent d'obtenir le résultat cherché.

On se rend ainsi mieux compte des efforts intellectuels progressifs que le constructeur a dû développer.

Si, quittant l'élément liquide, nous revenons sur le terrain solide, nous trouvons le chemin de fer dont la construction et l'exploitation nécessitent également l'emploi de nombreuses machines depuis la perforatrice jusqu'au chasse-neige, sans parler des machines locomotives. Celles-ci n'ont peut-être pas subi autant de transformations que les machines marines, mais elles n'en ont pas moins été l'objet de sérieux perfectionnements. Il convient de rappeler aussi les progrès réalisés en ce qui concerne les appareils de sécurité.

On vient de parler des moyens de transport, mais que transporte-t-on? des produits; d'où viennent ces produits?

Les plus nécessaires, les produits indispensables viennent du sol, et là aussi depuis quelques années la machine joue son rôle, la culture à vapeur remplace la culture animale et même celle à bras d'hommes et voici que l'on entrevoit la charrue électrique.

S'agit-il de traiter les produits, la machine à battre fait en quelques semaines le travail qui prenait tout l'hiver aux garçons de ferme et aux servantes. Jetons enfin un coup d'œil sur les moulins et là nous trouvons un des outillages les plus parfaits dont notre industrie puisse s'enorgueillir.

Tous ont aujourd'hui recours à la machine, le boulanger a la pétrisseuse; le cordonnier, la machine à coudre; le boucher, la machine à glace; le serrurier, la perceuse, etc., etc.

Quel travail dû à la machine dans la grande industrie; la filature, le tissage, et combien d'autres qui répondent à tant de besoins.

L'industrie métallurgique est certainement une de celles dont les progrès auront ajouté un des plus importants chapitres à l'histoire de la civilisation à notre époque.

Avec l'acier on obtient des rails et des ressorts de montre, des navires de guerre renforcés de cuirasses pesant des milliers de

tonnes, des bicyclettes formées de tubes légers sans soudure; tels paraissent être les points extrêmes dans l'emploi de ce métal dont la production et la mise en œuvre nécessitent l'emploi de grues hydrauliques, de trains de cylindres, de machines soufflantes pour envoyer l'air nécessaire aux convertisseurs, d'installations de transport spéciales pour déplacer les blocs d'acier encore à l'état d'incandescence, etc.

La machine, en améliorant considérablement les conditions de la vie, a suscité chez quelques-uns des appétits nouveaux; de là des luttes entre ouvriers et patrons, luttes à l'occasion desquelles certains politiciens à courte vue s'efforcent de persuader à l'ouvrier qu'il est victime de la machine. Le présent montre, l'avenir montrera de plus en plus combien cette assertion est fausse, et quelle est l'importance considérable des services rendus par la machine à l'humanité.

La machine n'est pas encore substituée partout à la main-d'œuvre, il est une industrie notamment qui n'a pu encore profiter de la machine jusqu'à ce jour, celle des compositeurs typographes.

Cette lacune est, semble-t-il, sur le point d'être comblée. A la dernière exposition industrielle de Munich, figurait une machine à composer qui serait, paraît-il, déjà employée par quelques journaux en Angleterre. La composition d'un grand journal du matin qui exige aujourd'hui de 60 à 120 typographes, se ferait au moyen de quatre à cinq machines mues chacune par deux hommes seulement.

Après cette révélation fort intéressante, M. Zwiauer étudie les uns après les autres les divers organes des machines, et finit par quelques données statistiques sur la puissance des appareils actuellement employés en Autriche. Nous ne le suivrons pas dans cette seconde partie de son travail, et nous nous bornerons à reproduire les conclusions de son mémoire.

La construction des machines, quelque récente qu'elle soit, a produit des résultats immenses pour le bien général, elle mérite notre reconnaissance la plus vive et nos vœux les plus sincères pour son développement ultérieur.

Le but qu'elle poursuit est élevé, très élevé; elle cherche à épargner à l'homme le travail mécanique en faisant de lui l'intelligent metteur en œuvre des forces naturelles.

Développement de l'Industrie des Mines et de la Métallurgie de 1848 à 1898

(*Zeitschrift*, n° 15 du 14 avril 1899).

L'industrie des mines, nous dit M. le Directeur Heyrowsky, remonte en Autriche à la plus haute antiquité. Les fers noriques de la Styrie, de la Carinthie et de la Carniole étaient connus des Romains, ils faisaient l'objet d'exportations considérables vers les provinces du Sud de l'Empire où ils étaient transformés en armes et en outils.

L'exploitation des métaux précieux, or, argent, ainsi que l'extraction du sel sont également d'origine fort ancienne. L'industrie minière, qui n'avait cessé de prospérer, subit cependant une assez forte crise à la suite des guerres du XVII^e^ siècle; elle ne tarda pas à reprendre dans le courant du XVIII^e^ et au commencement du XIX^e^; mais c'est en réalité dans la seconde moitié de celui-ci qu'elle a fait les progrès les plus considérables.

Pour bien apprécier ces derniers, il convient tout d'abord de jeter un coup d'œil sur la situation des mines dans les dernières années ayant précédé 1848. L'industrie des mines était à cette époque presque exclusivement entre les mains de l'État. Indépendamment des salines qui sont encore administrées par le fisc, l'État exploitait les mines d'argent et de plomb de Pribram et Joachimsthal en Bohême, les mines de mercure d'Idria en Carniole, de plomb et zinc de Raibl en Carinthie, de fer à Eisenerz Neuberg, Mariazell et Eibiswald en Styrie, les mines de houille de Kladno en Bohême, etc.

Comme exploitations particulières existant à la même époque, on ne peut guère citer que les mines de fer du baron de Rothschild, à Wittkowitz en Moravie, celles de MM. Franz Mayr et de Fridau, à Léoben, les houillères de Mahrisch Ostrau appartenant à MM. le comte Larisch, Wilczek et le Prince de Salm. Enfin un certain nombre de mines étant exploitées pour le compte de la couronne ou sous le patronage des archiducs.

La valeur des matières recueillies ne dépassait pas 40 millions de florins par an, soit au maximum 100 millions de francs; les procédés d'extraction, bien que des meilleurs, pour l'époque, étaient fort simples. L'eau était à peu près la seule force naturelle utilisée; à défaut d'eau on avait recours à la traction animale.

Comme bennes, pour circuler dans les puits, on employait des tonneaux suspendus à des cordes de chanvre ou d'aloès plus ou moins guidés et circulant à la vitesse de 1 *m* au plus. L'attaque se faisait à la pioche; comme explosif on n'avait que la poudre noire employée à l'état brut et à laquelle on mettait le feu au moyen de cordeaux en paille. Le trainage s'effectuait généralement sur des poutres en bois au moyen de chariots contenant rarement plus d'un cinquième de mètre cube. Pour les épuisements on employait des pompes en bois; il y avait cependant sur quelques points, des appareils métalliques.

Le triage des minerais se faisait à la main.

Les houillères étaient un peu mieux installées; pourtant les puits les plus importants ne donnaient pas plus de 50 000 à 60 000 *t* dans l'année.

A part les hauts fourneaux de Wittkowitz appartenant au baron de Rothschild qui, depuis 1831, marchaient au coke, tous les autres étaient alimentés avec du charbon de bois; leur rendement variait de 1 à 10 *t* par vingt-quatre heures. L'affinage se faisait également au bois, dans de petits fours, dont la production annuelle ne dépassait pas 100 à 200 *t*. Le fer était travaillé au moyen de marteaux à bascule mus par l'eau; rarement on trouvait un four à puddler et une installation à vapeur. Le produit obtenu était le fer forgé. Seuls les établissements de Wittkowitz et de Frantschach livraient dès 1836 ou 1838 des rails et des bandages.

L'industrie minière et métallurgique ne pouvait jusqu'à 1848 prendre de développements bien considérables, les débouchés et les moyens de transport lui faisant également défaut. La création des chemins de fer vint heureusement modifier considérablement la situation en nécessitant d'une part des quantités de fer et de houille considérables, en permettant d'autre part aux produits des mines et des houillères d'arriver aisément aux centres de consommation.

En outre, quelques années après 1848, la législation minière subit une profonde modification, les anciennes ordonnances dont quelques-unes remontaient à plusieurs siècles : Iglau, 1216; Schladming, 1308; Kuttenberg, 1380, furent remplacées par la loi de 1854.

L'État n'était plus le principal exploitant, les capitaux nationaux et étrangers affluèrent et l'industrie prit un rapide essor.

Le tableau ci-après fait ressortir la valeur des différents pro-

duits de l'industrie minière et métallurgique aux deux extrémités de la période de 1848-1897 :

Tableau comparatif de la production minière et métallurgique en Autriche en 1848 et en 1897.

PRODUITS	VALEUR EN FLORINS		AUGMENTATION
	1848	1897	
Premier groupe :	florins.	florins.	florins.
Fer	18 486 194	79 686 784	61 200 590
Houille	3 116 396	38 404 864	35 288 468
Lignite	1 023 802	40 084 420	39 060 618
TOTAUX du premier groupe	22 626 392	158 176 068	135 549 676
Deuxième groupe :			
Sel	18 202 040	25 561 441	7 359 401
Troisième groupe :			
Or	6 050	93 676	87 626
Argent	1 124 210	1 952 413	828 203
Mercure	419 640	1 190 121	770 481
Cuivre	289 092	614 684	325 592
Plomb	1 056 733	1 841 879	785 146
Zinc	270 520	1 216 609	946 089
Étain, antimoine, soufre	558 334	1 596 367	1 038 033
Pétrole, bitume	»	6 915 708	6 915 708
TOTAUX du troisième groupe	3 724 519	15 421 457	11 696 878
TOTAUX GÉNÉRAUX	44 553 011	199 158 966	154 605 955

Tous les chiffres portés au tableau précédent sont extraits des statistiques officielles ; ils montrent que la production du fer a quadruplé de valeur, celle de la houille plus que décuplé ; l'extraction des lignites rapporte quarante millions de florins au lieu d'un ; l'exploitation du pétrole qui a produit près de sept millions de florins en 1897, n'existait pas en 1848 ; cette industrie ne remonte guère qu'à une quinzaine d'années.

Comme résultat d'ensemble, on constate qu'en cinquante ans la valeur de la production minière et métallurgique a quintuplé et, comme les prix de vente ont sensiblement baissé, une comparaison portant sur les tonnages extraits des mines ou livrés

par les usines donnerait des résultats encore plus considérables.

Le nombre d'ouvriers s'est élevé de 76 848 à 187 732; la production moyenne par ouvrier a monté de 581 florins à 1 061 florins, soit près du double.

Après avoir donné ces indications générales, M. le Directeur Heyrowsky examine successivement en détail les résultats spéciaux à chacune des principales industries : fer, houille, sel, métaux divers, pétrole ; nous regrettons de ne pouvoir le suivre pas à pas dans son étude si complète, et nous nous bornerons à citer quelques-uns des principaux résultats signalés.

Fer. — En 1848, la production totale de fer s'élevait en nombres ronds à 155 000 *t* dont 30 000 provenant des usines de l'État, représentant une valeur de 11 millions de florins pour les produits bruts et de 18 millions de florins pour les produits fabriqués.

En 1897, les usines de l'État ne fonctionnent plus et l'industrie privée livre 890 000 *t*, correspondant à 32 millions de florins pour les produits bruts et 80 millions pour les produits fabriqués.

Ce développement considérable tient tout d'abord à l'application des appareils Bessemer introduits en Autriche dès 1863, puis à l'emploi des procédés Thomas et Gilchrist qui, depuis l'année 1878, permettent la déphosphoration de minerais considérés jusqu'alors comme inutilisables.

Mentionnons encore l'accroissement de rendement des hauts fourneaux; vers 1850 on ne dépassait pas 20 *t*; en 1870, on atteignait déjà 50 et 60, aujourd'hui nous trouvons les hauts fourneaux de Kœnigshof qui donnent 220 *t*, ceux de Donawitz et Servola 240. La Compagnie minière alpine (1) est en train de monter un fourneau qui produira 280 *t* et elle en étudie un second d'un rendement journalier de 400 *t*. Ces deux appareils réunis pourront donner le tiers de la production totale actuelle de la monarchie.

Voici enfin la description d'un grand établissement métallurgique actuel, celui de Wittkowitz, en Moravie.

Sur un terrain d'une superficie, équivalente à celle de la ville intérieure de Vienne, se trouvent : 6 hauts fourneaux marchant

(1) Alpine-Montan-Gesellschaft.

au coke avec 23 appareils pour le chauffage de l'air, et 11 machines soufflantes, un atelier de puddlage comportant 22 fours, 8 marteaux à vapeur, 2 voies de transport des loupes, 2 laminoirs avec 12 trains de cylindres, 1 aciérie avec 3 convertisseurs, 10 grands fours Martin, 4 fours à creuset pour couler l'acier, 1 atelier de construction de machines, 1 atelier de montage de ponts, 1 chaudronnerie, 1 fonderie de tuyaux et quantité d'installations accessoires. L'établissement est desservi par 45 *km* de chemins de fer à voie normale avec 11 machines locomotives et 48 *km* à voie étroite avec 18 machines-tenders. Le personnel comprend 230 employés, 13500 surveillants et ouvriers dont les salaires atteignent 6 500 000 florins par an. La population de Wittkowitz est passée en vingt-cinq ans du chiffre de 2300 à celui de 11 000 habitants.

Comme institutions sociales, on trouve :

Une école supérieure, quatre écoles populaires avec trente-six divisions, quatre jardins d'enfants (1), une crèche; vingt-quatre maîtres et vingt-sept maîtresses donnent l'instruction à près de quatre mille enfants; les frais de cet enseignement s'élèvent à 67 000 florins. Il existe aussi un hôpital contenant cent cinquante lits et au service duquel sont attachés six médecins; en outre, un orphelinat pour cent enfants.

L'habitation est assurée au moyen de deux cent soixante maisons pour les employés et surveillants, neuf cents maisons de famille pour les ouvriers, plus un certain nombre de casernes contenant ensemble trois mille lits.

Le magasin de l'établissement possède un capital de quatre millions de florins : 383 000 florins ont été versés en 1897 aux caisses de secours pour les veuves, les orphelins, les malades et les blessés.

Les chiffres ci-dessus ne s'appliquent qu'aux établissements métallurgiques, abstraction faite des houillères et minières, situées également à Wittkowitz, et desquelles dix mille ouvriers extraient en moyenne 1 300 000 *t* de houille et 200 000 *t* de minerai par an.

Wittkowitz est actuellement le plus grand établissement métallurgique d'Autriche.

Houille. — La valeur des houilles et lignites extraits des mines s'est élevée en 1897 à 78500 000 florins, représentant 40 0/0 de

(1) Patronages.

l'ensemble de la production minière et métallurgique. Le tonnage s'est élevé en cinquante ans de 1 126 000 à 31 000 000 *t*, soit plus de vingt-sept fois le chiffre primitif. Les lignites de Bohême figurent pour une proportion importante dans cet accroissement. En 1848, ce combustible était à peine connu, actuellement on en extrait par an dix-sept millions de tonnes dont la moitié est exportée à l'étranger.

Comme outillage, les houillères d'Autriche peuvent supporter la comparaison avec celles de n'importe quel autre pays, situées dans des conditions analogues, c'est-à-dire avec des profondeurs de 300 à 600 *m*.

Certains puits, puits Maurice, puits Jean, près de Dux, d'autres encore sont aménagés de manière à pouvoir livrer 500 000 *t* par an.

Sel. — Après la houille et les produits métallurgiques, le sel est la marchandise qui présente le plus fort tonnage : on trouve le sel gemme en Galicie à Wieliczka et Bochnia ; presque partout ailleurs, le sel existe à l'état de dissolution dans la proportion de 30 parties de sel pour 100 parties d'eau ; on l'obtient alors par l'évaporation ; il y a aussi quelques exploitations de marais salants.

La valeur totale du sel extrait en 1897 s'est élevée à 25 560 000 florins pour un poids de 331 000 *t*.

Métaux divers. — Le tableau ci-dessous donne les résultats de la production des métaux divers en 1897 :

Métaux.	Poids.	Valeur.
Or.	67,6 *kg*	93 676 florins.
Argent	40 026 *kg*	1 952 413 —
Mercure . . .	531 700 *kg*	1 190 121 —
Cuivre	1 083 *t*	614 684 —
Plomb	11 306 *t*	1 841 879 —
Zinc	6 235 *t*	1 216 609 —

Une partie importante de ces exploitations est encore actuellement régie par le fisc, notamment la mine de mercure d'Idria, en Carinthie, qui donne à elle seule près de 97 0/0 du produit total.

Pétrole et bitume. — L'exploitation du pétrole et celle du bitume se faisaient depuis longtemps dans de faibles proportions, et ce n'est

guère qu'à partir de 1888, époque à laquelle les gisements de Galicie furent placés sous la responsabilité de l'administration des mines, que l'extraction prit une réelle importance ; en 1888 on obtenait 65 000 *t* de pétrole seulement et, en 1897, la production s'est élevée à 265 000 *t* représentant une valeur de plus de 5 millions de florins.

Par contre, le bitume présente une certaine diminution : 6 600 *t* au lieu de 8 800, c'est-à-dire 25 0/0 de moins en 1897 qu'en 1888.

L'extraction du pétrole s'effectue au moyen de 47 puits et 1 548 sondages, l'huile brute et raffinée tantôt sur place, tantôt dans des usines situées jusqu'à 15 *km* de distance auxquelles l'huile est portée par une canalisation métallique.

M. le Directeur Heyrowsky termine son remarquable exposé par quelques indications au sujet de l'enseignement en matière d'exploitation de mines et d'industrie métallurgique. Il existe actuellement deux écoles supérieures des mines *(Bergakademien)* l'une à Léoben, l'autre à Pribram ; des écoles préparatoires, dans lesquelles la durée des cours est de deux ans, donnent aux jeunes gens les connaissances qui leur sont nécessaires pour suivre ultérieurement les cours techniques. Ceux-ci portent pendant une année sur l'exploitation des mines et une seconde année sur l'industrie métallurgique.

Les écoles supérieures des mines servent à former les ingénieurs ; les écoles des mines *(Bergschulen)* sont destinées à assurer un bon recrutement de surveillants et contremaîtres, comme l'école française d'Alais, par exemple.

Les écoles des mines ont été créées les unes par l'État, d'autres par les provinces, d'autres, enfin, par des particuliers ; elles sont actuellement au nombre de sept, fréquentées annuellement par deux cents élèves en moyenne.

Le nombre des élèves aux écoles supérieures, écoles préparatoires comprises, s'élevait, en 1897, au chiffre de trois cent quarante-quatre. On voit par cet exposé, ainsi que le fait remarquer M. le Directeur Heyrowski dans ses conclusions, quels progrès considérables ont faits, depuis cinquante années, l'industrie des mines et la métallurgie en Autriche, et à quel degré de prospérité elles se sont élevées, malgré les obstacles de toute nature, tantôt économiques, tantôt politiques, qui s'opposaient à leur développement.

Un grand nombre de ceux à l'énergie desquels est dû ce magni-

fique résultat sont malheureusement disparus, d'autres leur survivent, les descendants sauront maintenir les traditions.

L'auteur ne veut citer aucun nom; tous, dit-il, chefs et ouvriers, grands et petits, ont apporté leur concours à l'œuvre commune, et le plus humble d'entre eux n'en a pas moins été un élément utile dans le développement considérable pris en Autriche par l'industrie des mines et par la métallurgie.

La construction des Chemins de fer en Autriche 1848-1898

(*Zeitschrift*, n° 16 du 21 avril 1899).

La communication relative au développement de la construction des chemins de fer en Autriche, de 1848 à 1898, a été présentée par M. le Conseiller de Gouvernement Ast, Directeur de la construction du chemin de fer Empereur Ferdinand du Nord, dans la séance du 25 février 1899.

En 1848, les chemins de fer en Autriche, sans avoir encore une importance aussi considérable que celle acquise dans les pays voisins, étaient cependant sortis de l'enfance; c'est à cette époque, en effet, que fut planté le premier jalon de la ligne du Semmering.

Le premier projet de voie ferrée à établir en Autriche remonte à l'année 1807; il est dû à l'Ingénieur François-Joseph de Gerstner; frappé des difficultés que présentait l'établissement d'un canal de jonction entre le Danube et l'Elbe, M. de Gerstner proposa l'établissement d'une voie ferrée.

L'idée fut reprise ensuite par François-Antoine Gerstner, fils du précédent; il s'agissait, bien entendu, de lignes à traction de chevaux, comme il en existait déjà un assez grand nombre en Angleterre au commencement de ce siècle; mais dès 1826, à la suite d'un second voyage en Angleterre, François-Antoine Gerstner se montra partisan déterminé de la locomotive qui venait de faire son apparition et, en 1828, il ouvrait le premier chemin de fer continental, celui de Budweis à Kirschbaum en employant la locomotive au lieu des chevaux primitivement prévus.

Cependant les dépenses élevées que nécessitait l'établissement de la voie découragèrent momentanément les entrepreneurs, et

le prolongement de la ligne jusqu'à Linz fut exécuté dans des conditions plus économiques, mais ne permettant que la traction par chevaux.

Vers la même époque, en 1829, François-Xavier Riepl qui, par ses réformes dans les exploitations des mines et les établissements métallurgiques, avait préparé les voies à la domination de la vapeur, présentait un projet de chemins de fer à traction par locomotive et devant relier Vienne à l'extrémité orientale de la Galicie, et par la Hongrie, à la mer.

L'Angleterre était alors la grande école de construction de chemins de fer et la première section de la ligne du Nord, celle de Vienne à Brünn, fut construite entièrement sous l'influence anglaise.

Cependant l'Ingénieur Schœnerer poursuivait ses recherches jusqu'en Amérique, étudiait les machines de ce pays, plus simplement construites, et plus aptes à gravir les rampes et à circuler dans des courbes de faible rayon. Il revenait et construisait la ligne de Gloggnitz comportant des inclinaisons de 7,7 0/00.

En 1841, le Gouvernement, désireux d'assurer l'exécution des chemins de fer de manière à éviter toutes perturbations financières, décida que la construction des chemins de fer serait faite par l'État. Un programme fut dressé comportant en première ligne l'exécution de la grande voie commerciale destinée à relier la mer du Nord à l'Adriatique en passant par Vienne.

Les Ingénieurs qui étaient au service de la Compagnie du Nord furent rappelés au service de l'État, on attaqua les lignes de Brünn et Olmütz à Prague et de Gloggnitz à Trieste par la Styrie. En comptant l'embranchement établi par le chemin du Nord de Prérau à Oderberg, la longueur totale du réseau des chemins de fer d'Autriche s'élevait, en 1848, à 817 *km*, non compris 254 *km* à traction par chevaux.

La ligne du Semmering est le plus beau témoignage de la science des Ingénieurs à cette époque.

Moins de dix années plus tard, en 1857, date de l'ouverture de la gare de Trieste, la longueur exploitée s'élevait à 4 000 *km*, les lignes partant de Vienne aboutissaient au nord de la Bohême, à l'est de la Galicie, au sud-est de la Hongrie par Budapest, enfin à Trieste par Graz. Deux ans plus tard une ligne de jonction construite à Vienne réunissait toutes ces lignes en un seul faisceau. A l'ancienne jonction d'Oderberg avec les réseaux étrangers étaient venus s'ajouter les raccordements aux fron-

tières de Saxe, de Bavière et d'Italie. Le premier règlement général d'exploitation date de 1851.

En 1854, une ère nouvelle s'était ouverte pour la construction des chemins de fer; l'État, renonçant à assurer l'intégralité de la tâche, revint au régime des concessions, les entreprises se multiplièrent, l'exécution des lignes devint à la fois moins coûteuse et plus rapide, sans rien sacrifier des conditions essentielles de sécurité.

Auprès des élèves des Gerstner et Ghéga, Kress, Werner, Keissler et bien d'autres, vinrent prendre place plusieurs Ingénieurs étrangers d'un haut mérite, tels que Maniel et Etzel. Maniel apportait avec lui l'expérience française, il donna la plus grande impulsion à l'emploi du fer forgé dans la construction des ponts. Etzel, après avoir débuté au chemin de fer François-Joseph, passé aux lignes de Carinthie et de Croatie sur le réseau du chemin de fer du Sud, construisit la ligne du Brenner, remarquable à la fois par son tracé, par les travaux de protection contre les eaux et par son prix de revient relativement faible. Etzel, comme Ghega, a fait école, et ses élèves, dignes d'un tel maître, ont rendu les plus grands services.

Non seulement il y avait à construire des lignes nouvelles, mais il fallait aussi remanier les anciennes, les mettre successivement au niveau des plus récentes, agrandir les gares, assurer le passage des trains express, mis en marche pour la première fois en 1857; la tâche à remplir devenait considérable; malheureusement des circonstances économiques et politiques vinrent affaiblir peu à peu l'esprit d'entreprise et même à le paralyser presque entièrement en 1866.

A l'automne de cette triste année, l'Empereur intervint pour provoquer un renouvellement d'efforts, l'État promit son concours sous forme d'avances d'argent ou de garanties d'intérêt; quelques mois plus tard on attaquait les lignes devant former le complément des réseaux du Nord et de la Société Autrichienne des Chemins de fer de l'État, celles du Chemin de fer François-Joseph et du Chemin de l'Archiduc Rodolphe; bref, en 1873, la longueur du réseau atteignait 9 000 *km* et se raccordait sur de nombreux points avec les lignes étrangères.

Dans les années suivantes on dut se préoccuper, à l'exemple de l'Allemagne, de mieux proportionner les dépenses d'établissement d'une ligne nouvelle avec l'importance du trafic qu'elle pouvait être appelée à desservir, en employant au besoin la voie étroite.

MM. de Nœrdling et Weber prirent la tête du mouvement, et on doit à ces hauts fonctionnaires la loi de 1880, qui a produit de si bons résultats pour le développement des chemins de fer d'intérêt local.

Vers la même époque, l'État dut intervenir à nouveau dans la question des chemins de fer en rachetant quelques lignes et en reprenant l'exploitation de certaines autres qui se trouvaient dans une situation embarrassée. La construction de la ligne de l'Arlberg, un des chemins les plus remarquables au point de vue technique, remonte à cette période.

Le premier tramway à chevaux fut mis en exploitation à Vienne en 1870, les tramways à vapeur ne firent leur apparition qu'en 1882. En 1874, on construisait le chemin de fer à crémaillère du Kahlenberg d'après le système Riggenbach; le système Abt ne fut appliqué que dix-sept ans plus tard aux chemins d'Eisenerz et de Schafberg.

En 1896, le réseau des chemins d'intérêt local, réclamé depuis vingt ans, par Schüler et Pontzen, atteignait une longueur de 3746 *km*.

La dernière œuvre importante de l'État, en matière de construction de chemins de fer, consiste dans l'établissement du chemin de fer métropolitain de Vienne.

En résumé, depuis soixante ans, il a été dépensé trois milliards et demi de florins, soit près de huit milliards de francs, en évaluant à 2,30 *f* la valeur moyenne du florin, pour la construction de 17000 *km* de chemins de fer, lesquels comportent plus de 2000 grands ponts et viaducs qui, placés bout à bout, occuperaient une longueur de 100 *km*; les tunnels disposés de même prendraient 74 *km*. Il a été posé 24000 *km* de voie ayant nécessité l'emploi de deux millions de tonnes de fer. Ce ne sont là que des éléments matériels; qui pourrait mesurer l'effort intellectuel et l'énergie morale qui ont été nécessaires pour obtenir de pareils résultats?

Nous venons de voir quel a été, dans ces grandes lignes, le développement des chemins de fer en Autriche, depuis l'origine jusqu'à la fin de l'année 1898; M. le Directeur Ast examine en détail les différentes phases de la construction des chemins de fer, tracé, terrassements, percement des tunnels, construction des ponts, établissement des voies et des ouvrages d'art, et fait connaître les progrès réalisés pendant la période considérée. Nous nous bornerons à rappeler les principaux d'entre eux.

Tracé. — La détermination du tracé en matière de chemins de fer présente un intérêt capital, Ghega en fouillant à fond le Semmering par ses lignes de recherche, a établi les principes fondamentaux en cette matière; Etzel et Pressel montrèrent ensuite au Brenner comment l'on peut construire un chemin de fer de montagne avec une stricte économie; les travaux exécutés par eux notamment pour protéger la ligne contre les eaux et permettre de s'asseoir sur un meilleur terrain; dérivations de cours d'eau, percement de puits, etc., peuvent être cités comme des modèles.

L'étude de la ligne de l'Arlberg vint ensuite; déjà les instruments s'étaient perfectionnés, le baromètre anéroïde, la bousssole et la planchette de Kraft avaient remplacé les appareils sommaires d'autrefois. On appliqua, en outre, les procédés de tachymétrie, et c'est ainsi que furent dressés les plans de cette ligne merveilleuse.

Terrassements. — Les plus grands progrès dans l'exécution des terrassements ont été obtenus par l'emploi des machines, à l'imitation des procédés déjà utilisés en Angleterre et en France; excavateurs, dragues, machines et wagonnets servant au transport des matériaux.

Souterrains. — Le percement des souterrains a bénéficié tout naturellement des avantages obtenus dans l'industrie des mines par l'emploi des nouveaux explosifs et celui de l'électricité pour la mise à feu. La nécessité de traverser des terrains présentant de grandes différences au point de vue géologique, devint aussi l'occasion de nouveaux progrès; notamment en matière de travaux de charpente, les anneaux métalliques imaginés par Rziha permettent de résister aux pressions les plus fortes.

L'emploi de la perforatrice hydraulique inventée par Brand, en 1877, vint accélérer notablement les travaux de percement des tunnels, les chantiers de déblaiement reçurent une meilleure organisation; la comparaison entre les résultats obtenus lors des percements du Mont Cenis et de l'Arlberg montre clairement les progrès réalisés dans l'espace de vingt ans.

Le tunnel de l'Arlberg a été construit en trois fois moins de temps que celui du Mont Cenis et la dépense par mètre courant a été inférieure de plus d'un tiers.

Ponts. — La construction des ponts a subi depuis cinquante

ans des transformations nombreuses : à l'origine on ne connaissait que la pierre et le bois; les ponts américains du système Howe furent une innovation très appréciée. L'emploi de la fonte paraissait présenter beaucoup plus d'inconvénients que d'avantages ; par contre les ponts suspendus jouissaient d'une grande faveur, tout au moins pour les routes. Schiffkorn construisit ses ponts métalliques en fonte et fer, en fonte dans les parties travaillant à la compression, en fer dans celles soumises à des efforts d'extension; plusieurs ouvrages furent construits d'après ce système ; mais peu à peu d'autres solutions se présentèrent et il fut définitivement abandonné après la chute du grand pont du Pruth survenue en 1868.

Les progrès de la métallurgie permettaient d'ailleurs d'appliquer chaque année des conceptions nouvelles. Peu après 1850, on obtenait déjà des poutres en tôle de 19 *m* de longueur, puis vinrent les ponts à treillis et les ponts en arc permettant de réduire au minimum le poids du métal. Parmi ces derniers, on peut citer le grand pont de Cervena, comportant deux travées de 110 *m* chacune, et le pont de la Theiss à Szegedin construit par MM. Maniel et Cezanne.

C'est au pont de la Theiss que fut introduit pour la première fois en Autriche l'emploi de l'air comprimé pour l'établissement des fondations.

Parmi les grands établissements constructeurs de ponts actuellement existant en Autriche, on peut citer la Brückenbau-Anstalt à Prague et l'Alpinen Montangesellschaft en Styrie. Le métal employé est l'acier Martin. Les ponts en maçonnerie un peu laissés de côté depuis l'introduction des ponts métalliques ont repris cependant depuis quelques années une certaine faveur, de grands progrès ont été faits dans leur construction, il suffira de citer le pont sur le Pruth, à Jaremcze, avec sa voûte de 65 *m* d'ouverture.

Établissement des voies. — Les premiers rails employés sur le réseau du Nord étaient à simple champignon et pesaient 19 *kg* par mètre : en 1848, le rail à patin posé sur traverses en bois fait son apparition; dès 1854 le poids du rail s'élève à 37 *kg*. L'année 1861 voit surgir le rail d'acier, quatre ans plus tard, en 1865, l'Union des ingénieurs étudie un profil de rail type ; le travail est repris en 1883 sur la demande du Ministère du Commerce, mais il ne fut pas possible de triompher des idées par-

ticularistes et l'Autriche possède encore actuellement plusieurs douzaines de types de rails.

En 1862 furent effectués les premiers essais de voie posée sur longrines ou sur traverses métalliques, en même temps que l'on commençait à employer les traverses en bois injectées en vue d'en assurer la conservation.

On peut dire aujourd'hui qu'après une expérience de cinquante années les conditions d'établissement et de résistance des divers types de voies sont bien connues et qu'il est facile d'établir une voie en rapport avec les machines appelées à y circuler.

Gares. — Les dispositions des gares ont subi depuis l'origine de nombreuses transformations rendues nécessaires les unes après les autres par le développement continu du trafic et par les besoins de la sécurité; au début les gares étaient assez petites, presque partout cependant il fallait se réserver le moyen d'avoir un peu de matériel de secours; l'emploi du télégraphe, introduit dès 1850, permit de réunir sur quelques points les réserves de matériel et les installations d'entretien. C'est à ce moment qu'Etzel étudia les premiers types des gares de manœuvre.

Dix ans plus tard on établissait les grandes gares têtes de ligne dans lesquelles on installait ultérieurement tout un système de signaux perfectionnés, commandés par les appareils d'enclenchement, puis il fallait procéder à de nouveaux agrandissements et arriver à établir un trottoir pour chaque direction à desservir tous les trottoirs étant reliés entre eux par des passages souterrains de manière à éviter les accidents.

Enfin la gare, placée jadis loin de la ville dont elle était séparée le plus souvent par des terrains vagues ou des quartiers déserts, n'a cessé d'attirer de plus en plus la population vers elle, les gares sont ainsi devenues le centre de nouveaux quartiers dont elles constituent l'un des plus importants monuments.

Conclusions. — Nous devons reconnaître que depuis une dizaine d'années les règles fondamentales de l'établissement des lignes et de la construction des locomotives ont peu varié, il a été fait de grands progrès au point de vue de la vitesse, de la puissance, de la sécurité, de l'économie, c'est incontestable; mais ira-t-on beaucoup plus loin? Les dépenses de construction seront toujours très importantes, quant à la locomotive; voici que la machine électrique apparaît à l'horizon. Et voici plus encore, la voiture automobile va permettre de reprendre les routes d'autre-

fois, on revient aux voûtes en maçonnerie, est-ce le progrès? Oui, c'est le progrès; nous reprenons en apparence le même chemin, c'est possible ; mais en réalité nous passons plus haut.

L'assainissement des villes en Autriche-Hongrie (1848-1898.)

(*Zeitschrift*, n° 17 du 28 avril 1899.)

La connaissance des questions d'hygiène, à peu près nulle il y a cinquante ans, constitue aujourd'hui une véritable science dont M. l'Ingénieur en chef Attilio Rella donne, au début de sa conférence, la définition suivante :

« L'hygiène est une science qui nous fait connaître les dangers auxquels la société s'expose en dédaignant les lois naturelles, et nous enseigne à les combattre victorieusement.

» L'hygiène (souci de la santé publique) s'applique à la communauté comme à l'individu, sans différence de classe, sans différence d'aucune sorte; ses lois ne sont faites que pour l'ensemble, de telle sorte qu'en réalité, les bienfaits des travaux hygiéniques, (lorsqu'ils sont exécutés d'après les principes déterminés par la science), retombent sur chaque particulier pris isolément, de même que la négligence d'une seule partie de la communauté peut entraîner des dangers pour la santé de tous. »

Une grande quantité de problèmes se rattachent à la question de l'hygiène, constructions privées et publiques, hôpitaux, casernes, prisons, écoles, abattoirs, marchés, bains populaires, établissement et entretien des cimetières, crémation, sans parler d'une série de questions d'ordre plus général telles que le chauffage, la ventilation, l'éclairage.

On peut dire cependant que l'hygiène dans les villes dépend de trois éléments primordiaux : l'air, l'eau, le sous-sol.

M. Rella se propose d'étudier successivement chacun d'eux.

Pour obtenir l'air pur et vivifiant réclamé par l'hygiène, l'ingénieur dut s'attacher tout d'abord aux travaux de voirie, balayage et arrosage des rues, enlèvement des boues et des ordures ménagères; il eut ensuite à s'occuper de l'élargissement des rues, de la création des voies nouvelles et à étudier les plans d'agrandissement des villes. Enfin on publia des règlements sur la construction, règlements dans lesquels sont déterminées la hauteur des édifices par rapport à la largeur des

rues, et l'importance de la surface à bâtir par rapport à la superficie totale dans les différents quartiers. Les mêmes règlements contiennent encore des dispositions relatives à l'établissement des jardins et des places, aux protections à prendre contre la poussière, la fumée, etc. L'eau nécessaire pour donner satisfaction aux besoins de l'hygiène est fournie par une série d'entreprises, lesquelles ont dû établir des canalisations considérables analogues à celles qui doivent assurer l'assainissement du sol.

Tel est l'ensemble des travaux auxquels l'ingénieur sanitaire, comme on le nomme en Allemagne, doit apporter toute sa science et toute son activité.

La plupart des progrès réalisés en matière d'hygiène sont dus à de tristes circonstances, telles que la constatation d'une mortalité exceptionnelle par exemple; il est bien certain que le défaut d'observation des lois de l'hygiène est une cause de dépopulation beaucoup plus intense qu'une épidémie ou une guerre meurtrière.

Pour faire nettement ressortir l'importance de cette assertion, M. l'ingénieur en chef Attilio Rella a fait un travail de statistique considérable; il a relevé le mouvement des décès dans 203 villes de la monarchie, comptant ensemble 5 856 706 habitants et comparé la mortalité à celle accusée par les statistiques anglaises de 1848, lesquelles indiquaient comme chiffre normal de décès pour l'époque, 23 0/00.

Les résultats ont été peu favorables pour l'Autriche-Hongrie; sur les 203 villes considérées, il n'y en avait que 63, soit un tiers, dans lesquelles la mortalité fût inférieure à 23 0/00; dans les deux autres tiers elle était supérieure et dans vingt-sept cas sur cent, elle dépassait même 28 0/00. En considérant en outre qu'à Berlin, par exemple, la mortalité est tombée de 31 à 17,5 0/00, l'auteur conclut que le chiffre applicable aux villes considérées aurait dû pouvoir être abaissé de 5 0/00, ce qui, pour 5 857 000 habitants, correspondrait à près de 30 000 existences humaines préservées. Non seulement le chiffre des décès serait réduit, mais les malades eux-mêmes seraient beaucoup moins nombreux; on peut évaluer à 80 000 le nombre des cas de maladie à supprimer, ce qui, à raison d'une durée moyenne de vingt jours, chiffre donné par les caisses de secours aux malades, représenterait 1 600 000 journées de travail. En estimant à un florin seulement le salaire

ainsi perdu, on arrive pour l'ensemble de la monarchie et pour la période de 50 ans considérée, à la perte effroyable de 350 000 000 de florins, soit de huit à neuf cent millions de francs.

Et ce ne sont là que les pertes matérielles; qui évaluera les souffrances, les douleurs, les larmes qu'une meilleure hygiène eût épargnées?

Après avoir montré par les considérations précédentes la haute importance des questions d'hygiène, M. l'Ingénieur en chef Rella va nous dire quels ont été les principaux progrès réalisés dans les dernières années.

Pettenkofer est le premier qui ait démontré clairement l'importance de l'air et de l'eau au point de vue de la santé publique, ainsi que celle de l'assainissement du sol.

Les premiers travaux exécutés dans cet ordre d'idées il y a cinquante ans, consistèrent dans l'élargissement des rues, de manière à obtenir un juste rapport entre la largeur de la chaussée et la hauteur des édifices qui les bordent; puis on étudia le remaniement des plans des villes de manière à faire disparaître les ruelles étroites que le moyen âge avait léguées à ses descendants.

L'Union des Ingénieurs et Architectes prit part à l'œuvre d'assainissement entreprise en déterminant les bases d'après lesquelles doit être établi un règlement de construction.

Toujours en vue de purifier l'air, on recouvrit de voûtes les ruisseaux qui passaient autrefois au milieu des rues, servant de réceptacle à toutes les ordures ménagères.

Les hygiénistes n'eurent pas de peine à démontrer les relations existant entre certaines maladies épidémiques et la qualité de l'eau consommée par la population. Bien que les dépenses à faire pour se procurer des eaux pures fussent généralement fort élevées, les municipalités ne firent pas grande résistance. D'ailleurs, les distributions d'eau pouvaient devenir un élément de recettes, et certaines communes qui, malgré leur situation budgétaire médiocre, n'avaient pas hésité à entreprendre les travaux nécessaires, ont vu par là même leurs ressources s'accroître d'une façon importante.

La nature offre toujours de l'eau en quantité suffisante pour satisfaire à tous les besoins. Il importe toutefois de choisir son eau, en tenant compte de la distinction à faire entre l'eau potable et l'eau de lavage. De vives discussions eurent lieu à ce sujet vers 1860, à Budapesth; certains, comme Lindley, don-

naient la préférence au système anglais, consistant à recueillir les eaux de surface et à les filtrer artificiellement.

La majorité se décida cependant en faveur de la filtration naturelle et de la captation des eaux du fond.

L'Union des Ingénieurs et Architectes prit une grande part aux études relatives à l'approvisionnement de Vienne en eau potable, et les travaux exécutés peuvent être considérés comme des modèles, en matière d'utilisation d'eaux provenant du fond. Ce système est d'ailleurs le plus répandu en Autriche; sur 74 villes ayant exécuté de grands travaux d'adduction d'eau, 46 reçoivent des eaux provenant du fond. Il est juste de reconnaître que la configuration du pays facilite généralement cette solution.

Dans les grandes plaines de la Hongrie on a eu généralement recours aux puits artésiens. Les dépenses de premier établissement faites pour se procurer des eaux pures, ont varié, suivant les circonstances de 12 à 25 florins par tête. La dépense totale s'est élevée à plus de 40 millions de florins, près de 100 millions de francs.

Le prix de l'eau livrée aux particuliers est à Rovereto de 0 kreuzer 5 seulement, soit 0,0125 *f* par mètre cube; à Innsbruck il atteint 2 kreuzers, soit 0,05 *f*; à Marienbad il s'élève à 20 kreuzers, 0,50 *f*; ce sont là les chiffres extrêmes; le prix moyen pour l'ensemble de la monarchie est de dix kreuzers, c'est-à-dire vingt-cinq centimes par mètre cube.

Nous arrivons à l'assainissement du sol. Ici la lutte fut plus vive; il y avait à effectuer des dépenses considérables, mais sans contre-partie financière comme pour l'eau; Pettenkofer fut encore le premier, par ses études sur le choléra et le typhus, à démontrer l'importance de l'action du sol; toutefois, la question était loin d'être aussi simple que pour l'eau, car ici de nombreux éléments d'appréciation interviennent : géologie, météorologie, epidémiologie, bactériologie, chimie, science agricole.

L'Union des Ingénieurs et Architectes a reconnu l'importance des questions à traiter et, en 1887, a créé la section spéciale d'hygiène.

Avant de parler de ce qui a été fait en Autriche au point de vue du troisième élément intéressant la santé publique, il convient de jeter un coup d'œil sur ce qui s'est passé à l'étranger.

L'Angleterre est le premier pays qui se soit occupé sérieusement des questions d'assainissement du sol; vinrent ensuite les

États-Unis et la Suisse. Les méthodes anglaises commencèrent à être appliquées en Allemagne vers 1850. Le procédé employé à cette époque consistait à substituer aux fosses ou autres lieux de dépôt autrefois en usage, une canalisation souterraine permettant d'entraîner rapidement toutes les matières infectes jusqu'au cours d'eau le plus voisin, de manière à purifier le sol et par suite l'air autour des habitations, telle fut la première période du système de canalisation.

Cependant la science des bactéries venait de naître, on découvrait dans ces êtres minuscules le principe des diverses maladies, d'autres soutenaient leur innocuité.

La France, en décidant la canalisation rationnelle de Paris, prit parti dans la lutte qui passionnait les plus nobles esprits de ce siècle : Pettenkofer, Virchow, Pasteur, Koch...

On ne tarda pas à constater aussi en Angleterre que l'envoi direct des immondices au cours d'eau le plus voisin n'était pas la meilleure solution, et on reconnut la convenance de renoncer aux anciens canaux d'autrefois, mal construits, destinés plus particulièrement à assurer l'écoulement des eaux de pluie, et de les remplacer par des collecteurs spéciaux recueillant toutes les matières amenées au fleuve par les égouts, et les conduisant ensuite aussi loin que possible des villes.

Ce fut la deuxième période de la canalisation ; l'Angleterre l'appliqua de 1860 à 1875 ; c'est encore le système actuellement employé en Autriche ainsi qu'on peut le voir par les travaux de Vienne et de Brünn.

On chercha ensuite à établir un système de canalisation rationnel tenant compte des pentes du terrain et comprenant un ensemble de collecteurs partiels courant tout d'abord parallèlement au collecteur général avant de s'y déverser ; ce système qui peut être appelé celui de Lindley le jeune, constitue la troisième phase de la canalisation.

Nous arrivons enfin à la quatrième phase, celle dans laquelle on cherche à purifier loin des villes les eaux souillées amenées par le grand collecteur avant de les rendre à la terre. L'Angleterre, l'Amérique du Nord, l'Allemagne et la France possèdent dès à présent des installations remarquables dans ce genre ; ces différents pays se sont successivement imités les uns les autres ; c'est ainsi que Hobrecht, l'auteur des travaux de Berlin, est allé étudier à Paris les installations créées par Durand-Claye à Gennevilliers; Bechmann, le successeur de Durand-Claye, s'est,

à son tour, rendu à Berlin pour se rendre compte des progrès réalisés.

Ce procédé a donné lieu, à l'étranger, aux discussions les plus vives ; Munich a protesté tout d'abord contre l'introduction des matières de vidange dans les égouts. A Paris, les propriétaires se refusent à admettre le tout à l'égout à cause des dépenses qui en résulteront pour eux ; il est à prévoir cependant que M. Bechmann triomphera.

L'auteur passe ensuite en revue divers systèmes de vidange, pneumatiques ou autres, et de traitement des matières fécales. Nous ne nous y arrêterons point ; il condamne le système diviseur, ou tout au moins le considère comme un expédient provisoire.

La question a été traitée dans de nombreux Congrès internationaux d'hygiène à Vienne, Londres, Budapest, Madrid et l'on peut dire que, chaque fois, le système anglais du tout à l'égout a gagné du terrain. Tout au plus y a-t-on introduit quelques perfectionnements de détail, comme l'emploi du métal dans les canalisations, les canaux jumelés, etc.

Sur 157 villes étudiées en Autriche et 46 en Hongrie, il n'y en a jusqu'ici que 46 0/0 en Autriche et 13 0/0 en Hongrie qui possèdent des canalisations établies en vue de l'assainissement du sol ; il est vrai que ces chiffres tendent à augmenter, notamment en Hongrie.

Les dépenses se sont élevées à 14 millions de florins, soit environ 30 millions de francs et varient depuis 6 florins par tête à Salzbourg et dans les villes du Tyrol, jusqu'à près de 18 florins en Hongrie. La charge prévue pour la ville de Pola dépassera 29 florins par tête.

Il reste encore beaucoup à faire en Autriche-Hongrie au point de vue de l'assainissement du sol ; mais on peut avoir la ferme confiance que les ingénieurs sanitaires, comme leurs Collègues des autres groupes techniques de l'Union, sauront se montrer à la hauteur de leur tâche.

Développement et avenir de l'électro-chimie.

(*Zeitschrift*, n° 18 du 5 mai 1899.)

Comme l'hygiène, l'électro-chimie est une science d'invention relativement récente ; mais elle a déjà reçu tellement d'applications et le champ qui s'ouvre à ces investigations est si vaste

que M. l'Ingénieur en chef Engelhardt n'a pas hésité à la prendre comme sujet de la communication qu'il devait présenter au nom du groupe technique des chimistes.

L'électro-chimie est encore en lutte avec les anciennes méthodes purement chimiques; elle a cependant déjà pris une place sérieuse parmi les procédés industriels, et certains produits comme l'aluminium, le magnésium, le cuivre raffiné, le carbure de calcium, s'obtiennent presque exclusivement au moyen de l'électricité.

Dans le développement de l'électro-chimie, deux périodes sont à considérer : la période antérieure et la période postérieure à l'invention de la machine dynamo-électrique. Avant d'avoir trouvé la possibilité d'obtenir à peu de frais des courants électriques d'une intensité considérable, l'électro-chimie se trouvait, au point de vue industriel, confinée dans le cadre étroit des travaux galvanoplastiques.

Il en était autrement pour ce qui concerne la science pure, les travaux de Davy sur la décomposition de l'eau et des sels alcalins, les études de Cruikshank sur la dissociation des sels métalliques, la découverte du baryum, du strontium, du magnésium et du calcium, les recherches de Becquerel sur la production électrolytique du zircone, du beryllium, du titane et du fer, les travaux de Wœhler et Bunsen sur la préparation de l'aluminium, du magnésium, du manganèse et du chrome remontent à cette première phase des études électro-chimiques, et ont apporté une riche moisson d'expériences.

La machine dynamo-électrique imaginée par Siemens en 1867 vint permettre de tirer parti des découvertes précédentes. Quelques années après l'apparition du nouvel engin, en 1876, la première raffinerie de cuivre électrolytique était installée à Hambourg. La lutte entre les anciens procédés et les nouveaux commençait; ces derniers attiraient de nombreux partisans dont beaucoup s'imaginaient qu'il est aisé de passer des expériences du laboratoire à l'application industrielle.

On ignore généralement combien, sans modifier le système général d'un appareil, il faut étudier et réaliser de modifications dans les détails de construction pour obtenir des résultats pratiques.

L'économie à retrouver dans la fabrication d'une matière déjà connue est un des grands attraits de l'électro-chimie; mais là encore que de soins il faut apporter dans les calculs! les appa-

rences trompent parfois; c'est ainsi que pour le nouveau produit obtenu par voie électrique pour remplacer le chlorure de chaux dans le blanchiment des pâtes à papier et des étoffes, le kilogramme de chlore coûte plus cher que par l'ancien procédé, mais on en emploie moins et le résultat définitif est une économie.

L'un des grands avantages de l'électro-chimie consiste dans la simplification apportée aux opérations; prenons pour exemple l'antimoine. Avec la fabrication de l'antimoine par les procédés purement chimiques, on ne rencontre pas moins de vingt-cinq produits divers depuis le minerai jusqu'au métal en comptant les intermédiaires, sous-produits ou déchets; avec le procédé électrolytique on n'en trouve plus que six, qui pourront même être réduits à quatre : le minerai, la substance appelée à réagir sur le minerai, la scorie, le métal.

M. l'Ingénieur en chef Engelhardt introduit ici dans sa notice trois tableaux résumant la situation actuelle des applications industrielles de l'électricité; nous ne pouvons que renvoyer le lecteur au compte rendu *in extenso* publié dans la *Zeitschrift*, et nous nous bornerons avec l'auteur à passer en revue les principales industries faisant actuellement usage de l'électricité ou se disposant à l'utiliser prochainement.

La première de toutes a été, comme il a été rappelé plus haut, la galvanoplastie qui a pris en Autriche de très grands développements. Depuis 1873, par exemple, la maison V. Pfanhauser, de Vienne, n'a pas créé moins de 3 000 établissements dont 500 font usage des machines dynamos.

La plus ancienne maison dans cette branche est celle de Berndorf qui s'occupe spécialement d'argenture et de dorure, elle remonte à l'année 1851; à cette époque l'installation tenait tout entière dans une chambre de maison ouvrière; on employait les piles de Smee. Peu à peu il fallut s'agrandir; en 1874, on substitua aux piles une machine Gramme à laquelle vint s'ajouter en 1892 une dynamo Siemens de même énergie, donnant 350 ampères à la tension de 4 volts.

En 1895 cette installation était reconnue insuffisante, le courant électrique fut demandé à l'usine centrale de l'établissement, deux transformateurs à rotation ramènent la tension de 200 à 4 volts et fournissent chacun 1 000 ampères ce qui permet de précipiter 8 *kg* d'argent par heure.

L'électrolyse rend également de grands services dans les arts graphiques; les planches servant à la gravure, à l'impression,

sont tout d'abord reproduites un certain nombre de fois par l'électrolyse de manière à avoir des pièces de rechange lorsque les premières auront été usées par le tirage ; on peut aussi renforcer les planches au moyen d'une couche de nickel et même d'acier.

La fabrication de la vaisselle de cuivre a fait, elle aussi, de grands progrès grâce à l'électrolyse ; non seulement il est aisé de reproduire un modèle déterminé mais il est, de plus, très facile de faire varier l'épaisseur des différentes parois d'un même objet, plat, casserole, théière, etc., suivant les conditions de résistance auxquelles il doit satisfaire ; on obtient ainsi des produits parfaits.

Cette industrie, nouvelle en Autriche, est appelée à un grand avenir.

Examinons maintenant les applications de l'électricité à la métallurgie.

Les premiers essais ont eu pour but la purification du cuivre, ils ont obtenu un succès complet. Le cuivre à raffiner est mis dans un bain acide de sulfate de cuivre en position d'anode, la cathode est constituée par une pièce de cuivre pur à laquelle le cuivre dégagé par le courant électrique vient adhérer tandis que les impuretés ou les autres métaux contenus dans le produit brut, parfois de l'or et de l'argent sont refoulés vers l'anode. Les établissements de Wittkowitz ont livré en 1897, 185 *t* de cuivre électrolytique contenant 99,99 0/0 de cuivre chimiquement pur. La maison Tlach et Keil, à Neurode, produit 1 *t* par jour.

On a cherché aussi à extraire directement le cuivre du minerai, le procédé consiste à traiter le minerai au moyen d'un sel oxydé de manière à obtenir l'oxydule de cuivre, on sépare le cuivre au moyen du courant électrique qui l'envoie sur la cathode, l'oxygène mis en liberté attaque une nouvelle quantité de minerai et ainsi de suite, les impuretés ou les autres métaux vont à l'anode.

La grande difficulté pratique consiste à avoir un produit de structure bien homogène, elle n'est pas encore complètement résolue.

On emploie le courant électrique dans la métallurgie de l'argent de manière à séparer l'argent qui se porte à la cathode, de l'or que l'on retrouve du côté de l'anode où on le recueille ensuite, c'est une opération semblable à celle dont il vient d'être parlé pour le cuivre argentifère.

L'électrolyse est encore appliquée au traitement des minerais d'or pauvres, le réactif employé est le cyanure de potassium, les

premiers essais de ce procédé ont été faits en Transylvanie, sans grand succès d'ailleurs, par suite de la nature pyriteuse de la gangue, mais la méthode a été employée depuis au Transvaal où elle donne de très bons résultats.

Nous ne nous arrêterons pas au traitement électrolytique des minerais de zinc, ni du plomb, avec le nickel on paraît devoir assez bien réussir, le fer n'a rien donné jusqu'à ce jour, nous arrivons aux métaux dits terreux et là se présente en première ligne l'aluminium.

L'aluminium s'obtient aujourd'hui d'une manière à peu près exclusive par les procédés électrolytiques. Si l'on n'a pas encore acquis tous les résultats que l'on espérait de l'emploi de ce métal léger et inoxydable en le prenant à l'état pur, on a trouvé à en faire une série d'applications fort précieuses en métallurgie; il suffit, en effet, de quelques traces d'aluminium pour rendre la fonte et l'acier parfaitement homogènes en faisant disparaître toutes les soufflures.

Il existe, dès aujourd'hui, à Neuhausen (1), une très importante fabrique d'aluminium, la Société propriétaire se dispose à créer à Lend-Gastein, en Autriche, un nouvel établissement dans lequel le mouvement sera donné par une chute d'eau d'une puissance de 7 000 *ch.*

On peut encore obtenir, par l'électrolyse, du magnésium et du sodium; mais laissons là les métaux et voyons les autres applications du courant électrique en matière de chimie.

Nous trouvons tout d'abord un groupe de corps, les carbures, combinaisons ou alliages du carbone avec les différents métaux, dont l'électrolyse a rendu possible la production industrielle.

On connaissait depuis longtemps l'importance que présente au point de vue de la qualité du fer la quantité de carbone qu'il contient; aujourd'hui, grâce à l'emploi du four électrique de M. le professeur Moissan, on peut obtenir des carbures avec tous les métaux, deux d'entre eux ont déjà reçu d'importantes applications industrielles, le carbure de silicium et le carbure de calcium. Le carbure de silicium s'obtient par le traitement au four électrique de l'acide silicique mélangé au charbon, il se présente sous la forme de cristaux incolores lorsqu'il n'est pas mélangé de fer, le plus souvent il est d'une couleur vert foncé presque noire; il jouit d'une dureté considérable, ne peut être rayé que

(1) Près Schaffouse, chute du Rhin.

par le diamant, il est utilisé pour les travaux de polissage dans lesquels il remplace l'émeri.

Le carbure de calcium a plus d'importance encore, Davy et Wœhler l'avaient connu ainsi que la réaction produite par lui au contact de l'eau engendrant le gaz acétylène; mais c'est en 1894 seulement que Moissan vint le produire en grande quantité, en traitant dans son four un mélange de marbre et de charbon.

L'acétylène peut servir de point de départ pour toutes les combinaisons organiques, il était donc excessivement important de pouvoir l'obtenir dans des conditions pratiques. Les appareils qui permettent d'utiliser l'acétylène, les brûleurs notamment se perfectionnent de jour en jour, le Chemin de fer de l'État prussien emploie, depuis peu, à l'éclairage de ses voitures, un mélange comprenant trois parties de gaz riche et une d'acétylène.

L'acétylène est utilisé dès à présent pour l'éclairage extérieur des grands établissements industriels, pour les lanternes de signaux et de voitures, il semble appelé à se substituer au gaz et à l'éclairage électrique. Les applications se multiplient, aussi le prix du carbure de calcium a-t-il presque doublé depuis un an. On évalue à près de 100 *t* la production journalière actuelle du carbure de calcium pour l'Allemagne et l'Autriche-Hongrie réunies.

L'Autriche qui possède encore de nombreuses chutes d'eau inutilisées, pourra aisément installer de nouvelles fabriques qui trouveront en Orient un large marché.

Comme applications de l'électrolyse on peut encore citer la décomposition de l'eau appliquée dans certains établissements qui ont à faire usage de mélanges détonants, la préparation du phosphore extrait des phosphates par le traitement au four électrihue, la production de l'ozone. L'ozone est utilisé pour le blanchiment des étoffes, de préférence à l'exposition sur pré, il sert à la préparation des vernis, on l'emploie également pour vieillir certains bois, ceux qui servent à la construction des instruments de musique par exemple, et enfin, pour donner de l'âge aux alcools et aux vins. La maison Siemens et Halske, de concert avec l'Institut œnologique et pomologique de Klosterneubourg a fait à ce sujet une série de recherches rationnelles; il a été démontré que l'emploi de l'ozone donne avec les vins blancs des résultats mauvais, avec les rouges des douteux, mais qu'avec les vins sucrés et doux on obtenait une amélioration sensible, et on commence à les traiter par ce procédé.

La question électro-chimique la plus importante, en matière de chimie inorganique est assurément celle de la décomposition des chlorures alcalins de manière à obtenir d'une part les produits servant à blanchir, d'autre part, les alcalins.

Traité par le courant électrique, le chlorure se décompose en chlore qui se dégage au pôle positif et en métal qui se rend au pôle négatif où en présence d'un excès d'eau, il se transforme en hydrate alcalin ; la question paraît donc simple à résoudre, c'est pourtant une de celles qui ont nécessité le plus de recherches et le plus de dépenses.

Séparer le chlore du métal était facile, mais il fallait empêcher les deux éléments de se combiner à nouveau, de nombreux appareils ont été inventés à cet effet, on peut les classer en quatre groupes.

Premier groupe.— Entre les pôles positif et négatif de la cuve d'opérations, on interpose un diaphragme poreux assez bon conducteur pour laisser passer le courant, suffisant d'autre part, pour empêcher le mélange des éléments séparés, on recueille ainsi : à l'anode, le chlore gazeux qui est repris et transformé en chlorure de chaux ; à la cathode une dissolution contenant au moins 10 0/0 d'hydrate alcalin mélangé avec un reste de chlorure non décomposé, que l'on élimine par des procédés d'évaporation.

Deuxième groupe. — La cathode est constituée par du mercure auquel vient s'amalgamer le métal que l'on peut en extraire ensuite ; tandis que le chlore continue à être recueilli au pôle positif comme précédemment; ce procédé a reçu de nombreuses applications en Autriche, grâce aux travaux de M. le docteur Kellner.

Troisième groupe. — Diffère du précédent en ce qu'on traite du chlorure fondu, non dissous, et qu'au mercure on a substitué le plomb. C'est un procédé français appliqué notamment chez M. Hulin, à Grenoble.

Quatrième groupe. — Dans les appareils du quatrième groupe on se contente de placer le pôle positif au sommet d'une cloche sous laquelle le gaz vient s'accumuler, tandis que la dissolution alcaline se concentre au fond par suite de son grand poids spécifique. On retire le gaz de la cloche et l'hydrate alcalin de la cuve; mais ce dernier est facilement mélangé d'hypochlorite.

Si l'on ne cherche pas à séparer les éléments constitutifs des chlorures alcalins, l'électrolyse permet encore de les traiter de

deux manières différentes de manière à obtenir soit l'hypochlorite de soude, soit le chlorate de potasse; l'hypochlorite de soude rend de grands services pour le blanchissage dans les fabriques de cellulose, de papier, de tissus, etc. Le chlorate de potasse est surtout utilisé comme explosif, notamment dans la fabrication des allumettes.

L'exposé de toutes les applications de l'électrolyse en matière de chimie inorganique conduirait trop loin, dit l'auteur de la communication, M. l'Ingénieur en chef Engelhardt, il termine par quelques brèves indications relatives à la chimie organique. On doit reconnaitre, tout d'abord, que l'emploi des procédés électrolytiques pour le traitement des matières inorganiques, exerce déjà une certaine répercussion sur la préparation des substances organiques, c'est ainsi que la production des hypochlorites réagit sur la fabrication du papier et celle des matières textiles, que l'acétylène joue un rôle important au point de vue de l'éclairage.

D'autre part, on a cherché à faire intervenir directement le nouveau moyen d'action dans la préparation des couleurs organiques, l'indigo, par exemple; mais c'est sur le sucre que se sont portés jusqu'ici les plus grands efforts; l'Autriche produit annuellement un million de tonnes de sucre, on comprend l'intérêt immense qui s'attacherait à la moindre réduction des frais de fabrication par unité. On a cherché, tout d'abord, à compléter l'action de la chaux sur le jus de betterave par celle d'un courant électrique, puis, on a cherché l'application directe de l'électrolyse seule au traitement des jus. Le meilleur résultat semble avoir été obtenu jusqu'à ce jour par MM. Say et Gramme, à Paris; entre les opérations de diffusion et celles de cuisson, ils soumettent la matière à un traitement électrique et ils obtiennent immédiatement du sucre blanc au lieu de sucre roux. Le procédé a déjà été imité dans plusieurs établissements de Belgique, d'Allemagne et même d'Égypte.

En résumé, l'application de l'électricité aux préparations chimique est d'origine relativement récente, un grand avenir s'ouvre devant la nouvelle science.

L'Autriche se prête merveilleusement par sa configuration naturelle à la mise en œuvre de cette découverte et il est certain qu'au second cinquantenaire de l'Union des Ingénieurs et Architectes, le rapporteur pourra traiter la question de l'industrie électro-chimique d'une manière absolument complète.

LES FÊTES DU CINQUANTENAIRE

La dernière des conférences préparatoires avait eu lieu, le 11 mars 1899, six jours après commençaient les fêtes proprement dites. Il a déjà été rendu compte de ces fêtes dans la séance du 7 avril dernier, nous nous bornerons donc à un résumé rapide.

Le vendredi, 17 mars, une réunion préparatoire était tenue dans la soirée au Rathaus-Keller, grand restaurant situé au rez-de-chaussée de l'hôtel de ville, de manière à permettre aux invités étrangers de prendre un premier contact avec leurs collègues d'Autriche. M. Fr. Berger, président de l'Union des Ingénieurs et Architectes, a souhaité la bienvenue à tous.

Le samedi 18, Assemblée solennelle dans la salle des séances du Conseil municipal de Vienne, sous la présidence de M. Berger et en présence de M. de Wittek, ministre des Chemins de fer, M. Di Pauli, ministre du Commerce, M. le comte Kielmansegg, gouverneur de la Basse-Autriche, M. le maréchal de Gudenus, gouverneur militaire, etc., etc.

M. le président Berger ouvre la séance, il fait ressortir dans son discours la concordance existant entre le Jubilé de l'Union et le Jubilé Impérial.

L'Union, fondée l'année même où l'Empereur François-Joseph montait sur le trône, n'a cessé de recevoir les encouragements de Sa Majesté à laquelle elle demeure profondément attachée et reconnaissante.

M. le comte Kielmansegg prend la parole immédiatement après le Président et, comme s'il avait voulu confirmer l'assertion précédente, remet à l'Union, au nom de l'Empereur, la grande médaille d'or, en récompense du patriotisme et de la loyauté dont elle a toujours fait preuve, ainsi que des services rendus par elle dans le domaine de la construction et des travaux techniques.

M. le ministre de Wittek, M. le maréchal de Gudenus prennent ensuite la parole et font l'éloge des travaux de l'Union. Des adresses de félicitations sont remises au nom de la plupart des Sociétés représentées :

1° L'Iron and Steel Institute de Londres ;

2° La Société des Ingénieurs Civils de France ;

3° L'Union des Ingénieurs et Architectes de Berlin, etc.,

Les Sociétés représentées étaient au nombre de 68 ayant envoyé 146 délégués.

M. le conseiller aulique, impérial et royal Jeitteles expose ensuite que l'Union, pour couronner dignement la première période de cinquante ans de son existence, a créé une caisse de secours destinée à venir en aide à ceux de ses membres qui viendraient à tomber dans le besoin, ainsi qu'aux veuves et orphelins. Cette institution est placée sous le patronage de l'Empereur François-Joseph dont elle porte le nom.

M. l'architecte Stœckl dépose sur le bureau le livre du cinquantenaire, livre dans lequel sont résumés de la façon la plus complète et la plus intéressante les travaux de l'Union, depuis son origine.

Enfin, M. l'Ingénieur en chef des mines Rücker prononce le véritable discours de fête (Festrede), il rappelle les débuts modestes de l'Union, examine successivement les progrès réalisés, grâce à ces Membres, dans l'industrie des mines et de la métallurgie, la construction des chemins de fer, des locomotives, du matériel roulant, des machines en général; de même dans la construction des édifices publics et privés, dans les travaux hydrauliques, la navigation, l'électricité, la chimie et enfin l'aérostation. M. Rücker termine en exposant la situation actuelle de l'Union, se félicitant des résultats obtenus et rappelant la maxime qu'aimait à répéter le vénéré président Frédéric Schmidt :

« Toujours en avant, mes amis, et soyez unis, car si vous progressez continuellement et si vous restez unis aucune puissance ne vous empêchera d'atteindre votre but, accroître constamment l'estime et la considération dues à la carrière que vous avez embrassée ».

Le discours de M. l'Ingénieur en chef Rücker serait à reproduire en entier, malheureusement nous dépasserions le cadre de cette notice déjà longue (1).

Après ce discours, M. le Président a levé la séance en donnant rendez-vous à l'Assemblée pour le soir.

La réunion du soir consistait en un banquet offert par l'Union à ses hôtes au Cur Salon du Stadtpark. Il n'y avait pas moins de six cents couverts. Nous n'insisterons pas sur les détails du banquet, ayant hâte de rendre compte de la merveilleuse excursion faite le lendemain sous la conduite de l'infatigable M. Berger pour visiter les grands travaux publics actuellement en cours d'exécution à Vienne.

(1) On trouvera dans la *Zeitschrift*, n° 12 du 24 mars et n° 19 du 12 mai 1899, le texte des principaux discours prononcés dans la séance du 28 mars.

LES TRAVAUX DE VIENNE

Les grands travaux actuellement en cours d'exécution à Vienne comprennent :

1° Le chemin de fer Métropolitain ;

2° La régularisation du cours de la Wien, y compris l'établissement de deux collecteurs latéraux ;

3° L'établissement de collecteurs de chaque côté du canal de dérivation du Danube ;

4° La transformation du canal du Danube en un port de commerce et d'hiver.

Tous ces travaux ont fait l'objet de la loi du 18 juillet 1892, ils sont exécutés aux frais de l'État, de la Province et de la Ville.

La description qui va suivre est extraite d'une série de notices qui ont été remises aux visiteurs par les soins de l'Union des Ingénieurs et Architectes d'Autriche lors de l'excursion du 19 mars 1899 (1).

Chemin de fer Métropolitain.

Généralités. — Depuis de nombreuses années on sentait de plus en plus, par suite du développement des affaires, la nécessité de construire à Vienne un chemin de fer Métropolitain permettant le transport rapide des masses, et de nombreux projets avaient été étudiés dans ce but.

La suppression des fortifications encore existantes, la régularisation du cours de la Wien, la réunion des faubourgs à la ville permirent enfin de mettre sérieusement à l'étude la question du Métropolitain dont la solution s'était jusqu'alors heurtée à des difficultés financières et techniques.

Dans le discours du trône, prononcé le 22 avril 1891, l'Empereur s'exprimait d'une manière décisive ; après avoir manifesté sa satisfaction du nouveau développement de la ville de Vienne. L'Empereur ajoutait que la construction du chemin de fer Métropolitain devait faire l'objet de la préoccupation particulière du Gouvernement.

(1) Voir planche n° 219.

C'est de cette époque que date réellement la réunion des efforts communs de tous les intéressés à l'achèvement de l'œuvre ; le Gouvernement prit en main la direction, et la participation du Trésor public dans les dépenses à engager permit la réalisation d'un programme largement conçu en vue de l'avenir.

Aux termes de la loi du 18 juillet 1892, les travaux de régularisation du cours de la Wien, de transformation du canal du Danube en port de commerce et enfin ceux de construction du chemin de fer Métropolitain, devaient être immédiatement entamés, par les soins de l'État, de la province de la Basse-Autriche et de la ville de Vienne.

Tous ces travaux se liaient en réalité les uns aux autres, aussi, pour assurer l'unité d'ensemble, procéda-t-on tout d'abord à la nomination d'une commission dite des installations de trafic (1) et composée de représentants de chacune des autorités ci-dessus désignées : l'État, la Province et la Ville.

Le législateur eut soin de déclarer que les projets annexés à la loi ne devaient pas être considérés comme établis *ne varietur*, et qu'il pourrait y être en conséquence apporté les modifications reconnues nécessaires au point de vue de l'intérêt public.

But du chemin de fer Métropolitain. Tracé. Description des lignes. — Le projet du chemin de fer Métropolitain de Vienne a été conçu dans l'esprit suivant :

« Le chemin de fer Métropolitain ne doit pas servir uniquement à assurer le transport intérieur des voyageurs entre les différents quartiers de la ville, mais son but essentiel doit consister à faciliter les relations entre le centre de la ville et les faubourgs éloignés ainsi que les résidences d'été ; en outre, il doit servir à l'approvisionnement de la ville, et, en tant que le service des voyageurs le permettra, il devra être également utilisé pour le transit des marchandises (2). »

Pour répondre à ces desiderata, il fallait tout d'abord construire une ligne à double voie, pourvue de tous les signaux nécessaires pour assurer une circulation intense, puis établir deux grandes gares de formation avec départ pour les machines et voies de garage pour le matériel en réserve.

(1) *Verkehrsanlagen.*

(2) Traduction littérale d'un passage de la notice rédigée par les soins de la Société des Ingénieurs et Architectes d'Autriche à l'occasion du Cinquantenaire.

Les emplacements choisis pour ces deux gares ont été Heiligenstadt, sur le chemin de fer François-Joseph, et Hütteldorf Hacking *(fig. 4, Pl. 220)*, sur la ligne de l'Impératrice-Élisabeth, appelée aujourd'hui ligne de l'Ouest, depuis son rachat par l'État.

Les lignes qui se détachent de ces deux gares sont au nombre de quatre, savoir :

La ligne des faubourgs partant de Heiligenstadt, suit les coteaux situés à l'ouest de la capitale et passe à l'extérieur des quartiers de Wæhring, Hernals, Ottakring et, passant au-dessus de Breitensee, aboutit à Penzing ; la seconde ligne, ligne de ceinture, longe d'abord la ligne de Heiligenstadt à Nüssdorf, puis elle suit la Gürtelstrasse (rue de ceinture) jusqu'à Gumpendorf, d'où elle se prolonge, pour rejoindre d'un côté la ligne de la vallée de la Wien, près du pont Lobkowitz, tandis que de l'autre elle peut être raccordée avec le chemin de fer du Sud (ligne de Vienne à Trieste).

Vient ensuite la ligne de la vallée de la Wien qui part de Hütteldorf et suit le cours de la rivière jusqu'à la douane centrale avec raccordement à la ligne de jonction de Vienne.

La section de cette dernière, comprise entre la douane centrale et la place du Praterstern, peut être considérée comme un prolongement de la ligne de la vallée de la Wien et comme point de départ de raccordements avec le chemin de fer Ferdinand-du-Nord (Vienne-Varsovie), le chemin de fer Nord-Ouest (Vienne-Prague) et la gare de Heiligenstadt.

La quatrième et dernière ligne, ligne du canal du Danube, part de la gare centrale de douane, elle suit le quai François-Joseph, puis la rive droite du canal jusqu'à Heiligenstadt, un embranchement passe au-dessus de la gare du chemin de fer François-Joseph ; il établit une jonction entre la ligne du canal du Danube et la ligne de ceinture.

La ligne des faubourgs, la ligne de ceinture, sauf la section de Gumpendorf-Matzleinsdorf, enfin la ligne de la Wien dans sa partie supérieure, comprise entre le pont Lobkowitz et Hütteldof, sont actuellement terminées ; sur la seconde partie de la ligne de la Wien, les travaux étaient en pleine activité au moment des fêtes du Cinquantenaire et on espérait pouvoir la livrer à l'exploitation dans le courant de l'été 1899 (1).

(1) L'ouverture a eu lieu le 30 juin 1899.

Le retard dans l'exécution de la ligne du canal du Danube est dû aux réclamations des habitants du IX^e^ district qui ont protesté contre les projets présentés; de nouvelles études fort longues ont été nécessaires, ce n'est qu'à l'automne de 1898 que la décision définitive a été rendue. On espère pouvoir achever les travaux, y compris ceux de la jonction avec la ligne de ceinture, dans le courant de l'année 1900.

La nature très tourmentée des terrains à traverser, et plus encore la recherche des moyens à employer pour donner satisfaction aux intérêts en présence, parfois fort divergents, ont été la source de bien des difficultés, ainsi que de fortes dépenses. Malgré ces circonstances défavorables, le délai prévu pour l'achèvement des travaux, fin 1897, n'a été dépassé que de quelques mois pour le chemin de ceinture, la ligne des faubourgs et la partie supérieure de la ligne de la Wien; dans la partie inférieure de la même ligne la proximité des travaux exécutés sur la rivière, ainsi que ceux de la gare centrale de douane, sans parler des inondations fréquentes, ont donné lieu à des complications sérieuses qui justifient pleinement le retard constaté.

Par suite de la configuration du terrain, le chemin de fer est tantôt aérien, tantôt en tranchée ou en tunnel; lorsque la ligne aérienne passe dans des quartiers bâtis elle est en viaduc, sur quelques points seulement où il n'existe pas de circulation, on a pu s'établir en remblai. A la traversée de certaines voies de communication, des ouvrages métalliques ont dû être construits, ces derniers ouvrages ont été recouverts de ballast pour amortir le bruit produit par le passage des trains.

Architecture. — Les bâtiments et ouvrages de toute nature à construire pour l'établissement du chemin de fer métropolitain présentaient une importance toute spéciale au point de vue architectural, c'est pourquoi on prit la résolution de consulter un membre de la Société artistique de Vienne, dont l'opinion fit autorité et de soumettre à son examen les projets préparés par le service de la construction.

La Société artistique, à laquelle on s'était adressé, désigna par un vote unanime M. l'architecte en chef et professeur Otto Wagner, lequel, en vertu de cette décision, fonctionne depuis le mois d'avril 1894 comme conseiller artistique adjoint à la commission des installations de trafic et, à ce titre, collabore avec la Direction de la construction du chemin de fer métropolitain

pour étudier, au point de vue architectural, tous les projets d'ouvrages d'art présentés pour les différentes lignes.

Disposition des gares et des bâtiments. — Les gares ouvertes au service des voyageurs sont, indépendamment des deux grandes gares de formation Hütteldorf et Heiligenstadt et de la gare centrale de douane, celles de Gersthof, Hernals et Ottakring.

La gare de Michelbeuern n'est ouverte qu'au transport des produits d'alimentation amenés au marché desservi par elle, et ne reçoit pas de voyageurs. Tous les autres points d'arrêt ne sont que des haltes uniquement affectées au service des voyageurs.

Dans les gares aussi bien que dans les haltes, il existe autant de quais que de directions à desservir, c'est ainsi qu'à Heiligenstadt, il existe cinq quais et six à Hütteldorf. Ces quais sont réunis par des passages transversaux généralement souterrains; à la gare centrale de douane, cependant, le passage est supérieur.

Dans la gare de Heiligenstadt, voulant éviter les traversées à niveau, on a fait passer les deux lignes métropolitaines au-dessus du chemin de fer François-Joseph.

Les conditions spéciales auxquelles devait répondre le chemin de fer métropolitain ne permettant pas d'établir un type de gare déterminé, chaque gare ou station dut faire l'objet d'une étude spéciale : il en résulta nécessairement un surcroît de travail et de dépenses.

On peut cependant classer ces bâtiments en deux groupes bien distincts, suivant que la ligne est en tranchée ou qu'elle est aérienne ; dans le premier cas, le vestibule, les guichets et tous les locaux nécessaires au service, sont établis au-dessus des voies principales en forme de pavillon et présentant un aspect relativement léger *(fig. 2, pl. 220)*. Pour les lignes aériennes, on a dû élever des constructions latérales, d'un aspect beaucoup plus vigoureux *(fig. 3, pl. 220)*.

Description détaillée des sections en exploitation, Penzing Heiligenstadt, 9 km 600. — La ligne de Penzing à Heiligenstadt, dite ligne des faubourgs, prend son origine à la gare des voyageurs de Penzing sur le chemin de fer de Vienne à Salzbourg, auquel elle est reliée de telle sorte que les trains venant de Heiligenstadt peuvent, suivant le cas, être dirigés vers Hütteldorf ou vers Meidling et au besoin sur la gare centrale de douane. Elle se détache de la gare de Penzing à l'extrémité Est de cette dernière, se dirige im-

médiatement vers le Nord, passe au-dessus de la grande route de Linz, puis entre en tranchée jusqu'à la halte de Breitensée, à l'entrée du tunnel du même nom, lequel a 746 *m.* de longueur.

Entre la tête Nord du tunnel et la Thaliastrasse se trouve la gare d'Ottakring, au-dessus de laquelle passe la Gablenzgasse prolongée, tandis que les deux rues désignées sous les noms de Koppstrasse et Hasnerstrasse passent en dessous. Un viaduc de faible longueur sert à franchir l'Ottakringstrasse, puis la ligne entre de nouveau en tranchée jusqu'à la station de Hernals.

Trois ponts métalliques, dont le dernier a une longueur de 95 *m* en trois ouvertures sont établis successivement au-dessus de la grande rue, de la rue du Cimetière à Hernals, et enfin de la Richthausenstrasse. Ces ponts, assez rapprochés les uns des autres, présentent un bel aspect dans la vallée de l'Alsbach entre Hernals et Dornbach.

La ligne continue son parcours en tranchée à travers les hauteurs du côté Nord de la vallée et atteint la station de Gersthof.

Deux tunnels, l'un de 212 *m*, l'autre de 688 *m* de longueur, passent sous le Türckenschanze, le chemin de fer traverse ensuite le vallon de Krottenbach et en suit le côté Nord, toujours en tranchée. Viennent maintenant les haltes de Ober-Dœbling, et Unter-Dœbling, la ligne redevient aérienne, en partie en viaduc, passe au-dessus du chemin de fer François-Joseph et vient enfin se raccorder à la ligne de Ceinture un peu avant Heiligenstadt.

Les terrassements et les ouvrages d'art de la ligne de Penzing à Heiligenstadt avaient été construits immédiatement pour deux voies ; on n'en avait d'abord posé qu'une par raison d'économie, mais les besoins du trafic ne tardèrent pas à nécessiter la pose de la seconde voie : le travail est actuellement en cours d'exécution.

Hütteldorf-Heiligenstadt. 13,8 km. — La ligne d'Hütteldorf à Heiligenstadt comprend tout d'abord la ligne supérieure de la Wien, puis ensuite le chemin de fer dit de Ceinture.

En quittant la station de Hütteldorf-Hacking, la ligne franchit obliquement le cours de la Wien, puis se rapproche de la rive droite de la rivière dont elle suit le cours entre deux murs. Après avoir passé successivement par les haltes de Ober-St-Veit, Unter-St-Veit, Baumgarten, Braunschweiggasse, Hietzing et Schœnbrunn, on arrive à la halte de la grande rue de Meidling, point de séparation entre la ligne supérieure et la ligne inférieure de la Wien, et point de départ du chemin de Ceinture.

A Hietzing, le bâtiment des recettes est relié par une galerie à la gare du tramway à vapeur; il y a également sur ce point un pavillon réservé à la Cour impérial.

En partant de la grande rue de Meidling, la ligne de Ceinture s'élève en viaduc avec une forte rampe entre les deux voies de la ligne de la Wien, passe sur la rive gauche de la Wien au moyen d'un pont métallique et franchit ensuite la Mariahilfstrasse, sur un pont métallique en courbe. Toute cette partie du chemin a présenté de très grandes difficultés d'exécution et, de plus, a fait l'objet de soins tout spéciaux au point de vue architectural.

Nous arrivons à la halte de Gumpendorferstrasse de laquelle doit se détacher ultérieurement le prolongement sur Matzleinsdorf.

Vient ensuite toute une section de ligne en tranchée, tantôt ouverte, tantôt couverte, de 2 *km* environ, aboutissant à la Hasnerstrasse; dans l'intervalle, les haltes de la gare de l'Ouest et de la Burggasse. La ligne redevient aérienne et, de l'intérieur du train, on jouit d'une fort belle vue sur la ville.

La ligne traverse les haltes de Josefstäderstrasse et Alserstrasse, puis la gare de Michelbeuern, cette dernière réservée au trafic des denrées, est construite à moitié en tranchée. A partir de ce dernier point, la ligne se continue en viaduc, sans interruption, jusqu'à Heiligenstadt.

Toute cette partie de la ligne de Ceinture renferme des travaux d'art fort intéressants, notamment les ponts de 33 *m* et de 56 *m* au moyen desquels sont franchies la grande rue de Dœbling et l'Heiligenstædterstrasse *(fig. 1, Pl. 220)*.

A partir de cet ouvrage, la ligne descend de façon continue, en longeant le chemin de fer François-Joseph jusqu'à la gare de Heiligenstadt, dans laquelle elle pénètre après avoir passé au-dessus des deux voies de la ligne de Vienne à Eger.

Pour compléter tout à fait la ligne, il ne reste plus qu'à la prolonger au Nord de Heiligenstadt par un raccordement passant au-dessus du canal du Danube et allant se relier au chemin de fer actuellement établi au bord du Danube, à la station de Brigittenau. Cette ligne du Danube a servi à l'organisation d'un service de voyageurs jusqu'au Prater, lors de l'Exposition du Jubilé, et elle est encore utilisée dans certaines circonstances pour le transport des voyageurs.

Matériel roulant du chemin de fer Métropolitain. — Le chemin de fer Métropolitain possède des machines spéciales ainsi qu'un parc de voitures à voyageurs lui appartenant en propre.

Le tracé du chemin de fer Métropolitain s'écarte notablement des conditions d'établissement ordinaires d'une ligne de chemin de fer à grand trafic ; les déclivités atteignent 0,020 *m* par mètre, les stations sont très rapprochées ; il fallait donc des machines présentant à la fois une grande puissance de traction, une forte adhérence et pouvant, de plus, se déplacer aisément dans des courbes de faible rayon.

L'Administration des chemins de fer de l'État, chargée de l'exploitation du réseau Métropolitain, a fait construire pour ce service de lourdes machines-tenders à trois essieux accouplés, auxquelles ont été appliqués tous les perfectionnements les plus récents apportés aux machines locomotives.

Avant d'arrêter le type du matériel à voyageurs, on examina non seulement le matériel de banlieue des grandes lignes rayonnant autour de Vienne, mais les investigations portèrent également sur le matériel des chemins métropolitains existant à l'étranger, notamment à Berlin, Londres, Liverpool et Chicago. Le résultat de cette étude fut la conviction que si, d'après des considérations depuis longtemps admises, les voitures à compartiments séparés avec portes latérales étaient celles qui se prêtaient le mieux à l'embarquement et à la descente rapide des voyageurs, en fait, le chemin Métropolitain sur lequel la circulation est le plus intense, le chemin surélevé de New-York, a des voitures à inter-communication et assure néanmoins le service avec des arrêts de 15 secondes, tandis qu'à Berlin et à Londres, où les voitures sont à compartiments, les arrêts sont d'une demi-minute.

L'avantage recherché étant ainsi reconnu comme illusoire, il ne restait réellement aucun motif, surtout sur un chemin métropolitain où le mouvement des voyageurs est soumis à des fluctuations fréquentes, il ne restait, disons-nous, aucun motif pour adopter un matériel devenu depuis longtemps antipathique au public des grandes lignes. La construction de voitures à intercirculation fut donc décidée.

Ces voitures sont, soit dit en passant, par suite de la suppression des cloisons transversales, plus légères que les voitures à compartiments séparés ; elles sont munies à chacune de leurs extrémités, d'une plate-forme reliée par une passerelle à la plate-

forme correspondante de la voiture voisine, ce qui permet de circuler d'un bout à l'autre du train.

Les trains devant être nécessairement courts, on a supprimé les voitures de première classe qui sont généralement peu utilisées et réduit ainsi le poids mort.

Comme les trains du métropolitain peuvent être appelés à faire d'assez longs parcours sur les sections de banlieue des lignes reliées actuellement, le chemin de fer François-Joseph et le chemin de fer de l'Ouest, et que la durée d'un voyage peut atteindre une heure et même deux, on a établi des water-closets dans chacune des voitures d'avant et d'arrière; on y accède par le couloir sans avoir besoin de descendre du train.

Le couloir sert, en outre, à assurer la régularité de l'éclairage et celle du chauffage.

Exploitation.— Aux termes de l'acte de concession du 18 novembre 1892, l'exploitation du chemin de fer Métropolitain doit avoir lieu par les soins de l'administration des Chemins de fer de l'État; en conséquence, une convention provisoire, expirant à la fin de 1901, a été passée entre ladite Administration et la Commission des installations de trafic pour définir les conditions dans lesquelles l'exploitation doit se faire. Les principales dispositions arrêtées sont les suivantes :

1° Sur la ligne des faubourgs, de 5 heures du matin à 11 heures du soir, il doit y avoir en moyenne un train par heure pour le transport des voyageurs.

2° Sur la ligne de la Wien supérieure ainsi que sur le chemin de ceinture, le service durera pareillement de 5 heures du matin à 11 heures du soir; les trains se succéderont à des intervalles correspondant aux nécessités de la circulation, actuellement quinze et trente minutes suivant les heures. Des trains supplémentaires seront mis en marche s'il en est besoin, notamment les dimanches et fêtes. Le nombre des trains normaux, qui est actuellement de 51 dans chaque sens pendant la semaine peut ainsi être porté à 95 dans la journée du dimanche.

3° Après l'ouverture de la ligne de la Wien inférieure et de la ligne du canal du Danube, il sera établi sur tout le réseau Métropolitain, à l'exception cependant de la ligne des faubourgs, un service complet d'après lequel l'espacement le plus court entre deux trains consécutifs ne dépassera pas :

Sur la ligne de la Wien supérieure.	3 minutes.
— — inférieure	6 —
— du canal du Danube	6 —
— de Ceinture et raccordement de la gare centrale de douane au Praterstern	12 —

La convention fixait au 11 mai 1898 l'ouverture de la ligne des faubourgs, et au 1er juin celle des lignes de la Wien supérieure et de la Ceinture.

Conclusions. — L'achèvement et la mise en exploitation des deux premières sections du chemin de fer Métropolitain marquent un pas important dans l'exécution des grands travaux de Vienne. On n'est pas encore arrivé au centre de la ville, mais ce résultat ne tardera plus longtemps à être atteint.

Les deux lignes transversales permettent dès à présent aux quartiers éloignés et aux faubourgs de communiquer entre eux ainsi qu'avec deux grandes lignes, et, dans un court délai, on constatera certainement l'augmentation du mouvement des affaires dans cette partie de la ville.

Les plus grosses difficultés sont dès à présent surmontées et, l'œuvre une fois achevée, Vienne sera en possession d'un réseau métropolitain desservant presque tous les quartiers et sur lequel le trafic ne tardera pas à se développer dans toutes les directions.

Une nouvelle ère s'ouvre pour Vienne en ce qui concerne la facilité de circulation des voyageurs. On ne saurait évidemment prétendre qu'il n'y aura jamais rien de plus à faire dans l'avenir, mais, pour le moment, les besoins les plus urgents ont reçu largement satisfaction, et cela d'une manière réellement digne d'une grande capitale comme Vienne.

Régularisation du cours de la Wien.

La Wien est une petite rivière qui prend sa source dans les montagnes situées à l'ouest de Vienne et vient se jeter dans le Danube ou plutôt dans le canal de dérivation du Danube à l'intérieur même de la ville. La longueur totale de ce cours d'eau est d'environ 30 *km*. On peut le comparer à la Bièvre, mais avec cette différence que la Wien est un cours d'eau à régime torrentiel; la moindre pluie d'orage détermine une crue subite et de grands dégâts ont été souvent constatés. Par contre, à d'au-

tres moments, il n'y a presque pas d'eau dans la rivière, et comme elle a servi longtemps d'égout, il en résultait des inconvénients considérables au point de vue sanitaire ; on a même attribué en partie à cette situation l'épidémie de 1873.

Aussi, depuis plusieurs années, se préoccupait-on de régulariser le cours de la Wien, tant au point de vue sanitaire qu'à celui des inondations, ainsi que par égard pour l'accroissement du commerce et pour le développement des constructions dans la ville de Vienne.

Le projet actuellement en voie d'achèvement remonte à l'année 1891 ; il a été dressé par le service de construction de la ville.

Les travaux de régularisation s'étendent sur une longueur de 17 *km* comprise entre Weidlingau et le confluent de la rivière avec le canal de dérivation du Danube. *(Voir planche 219, fig. 3.)*

Ils comprennent trois groupes d'installation bien distincts, d'après le but technique auquel chacun d'eux correspond :

1° Réservoirs destinés à recevoir les hautes eaux à Weidlingau ;

2° Chenal d'écoulement destiné à vider les réservoirs;

3° Collecteurs latéraux à la rivière en vue de l'assainissement et de la purification des eaux.

Réservoirs. — Aux réservoirs incombe la plus forte tâche : celle de retenir les hautes eaux de telle sorte qu'un débit de 400 m^3 par seconde, vers Vienne, étant assuré, l'excédent vienne s'emmagasiner dans le réservoir et y séjourner pendant un certain temps.

Les réservoirs sont établis à l'embouchure du ruisseau nommé Mauerbach, l'affluent le plus important de la Wien. C'est en ce point que les eaux atteignent la plus haute élévation lorsque les deux vallées sont inondées simultanément. Si la Wien débite alors 480 m^3 par seconde et le Mauerbach 130, comme la Wien canalisée ne peut en laisser passer que 400, il faut que les réservoirs reçoivent 210 m^3 d'excédent.

La capacité des réservoirs a été portée à 1 600 000 m^3, ils peuvent donc emmagasiner le trop-plein pendant un peu plus de deux heures. Une expérience datant de longues années à permis de constater que ce délai serait suffisant. Au bout de deux heures, l'inondation baisse et les eaux retenues peuvent à leur tour s'écouler par la Wien canalisée.

Les réservoirs se divisent en deux groupes : ceux de la Wien et ceux du Mauerbach.

Les réservoirs de la Wien s'étendent depuis le pont de la route impériale à Weidlingau jusqu'à la halte d'Hütteldorf-Bad, située sur le chemin de fer de l'Ouest (ligne de Vienne à Linz, Salzbourg, etc.). La Wien coule d'abord sur une faible distance entre des talus bien réglés à son ancien niveau jusqu'à un seuil en béton de forme convenable, et là tombe d'une hauteur de 2,50 *m* dans une cunette qui s'élargit sur 700 *m* de parcours pour déboucher dans un avant-bassin près du Thiergarten. Ce bassin, creusé dans le sol, aboutit à un réservoir protégé par une grille et sert ainsi à retenir les matières entraînées et les gros objets flottants.

La séparation entre l'avant-bassin et les réservoirs suivants est obtenue par une digue en béton sur laquelle se dresse dans l'axe de la rivière un ouvrage destiné à assurer la répartition de la masse liquide. Cet ouvrage comprend une construction en fer formée de six pontons horizontaux disposés les uns au-dessus des autres et pouvant recevoir un mouvement vertical entre des glissières, à la façon d'un ascenseur.

Cet appareil a pour but de diviser et de retenir les hautes eaux, de manière à ne laisser passer que la quantité maxima pouvant circuler à travers la ville de Vienne et à les diriger vers la conduite principale, tandis que le surplus s'écoule dans le bassin suivant (bassin n° 3), par-dessus la digue en béton, dont il vient d'être parlé. Les réservoirs qui suivent occupent l'espace compris entre le nouvau lit de la rivière et le mur du Thiergarten, pour se terminer entre ledit mur et le remblai du chemin de fer.

Ces réservoirs sont également creusés dans le sol et séparés les uns des autres par des murs en béton, disposés de telle sorte que la hauteur de chute d'un réservoir à l'autre, soit de 2 *m* environ, ce qui correspond à la pente moyenne de la rivière 5 0/0.

L'écoulement se fait naturellement d'un réservoir à l'autre par-dessus les digues ; le contenu de chaque réservoir peut être déversé dans la conduite principale au moyen d'écluses.

La conduite principale, dite fosse d'écoulement, a une longueur de 1300 *m* environ ; près d'Hütteldorf, elle aboutit à l'ancien lit de la Wien avec la décharge du dernier bassin. Le mur de séparation, situé entre la conduite principale et les réser-

voirs, a de 6 à 8 *m* de hauteur, 2 *m* d'épaisseur au sommet; il est vertical du côté des bassins et en pente de 10/24 de l'autre côté.

Les talus des bassins, dont la solidité est assurée par des plantations, ont une pente de 1 sur 1,50, les talus exposés à de forts courants sont protégés par un revêtement en pierre de 0,30 *m* à 1 *m* d'épaisseur, s'élevant à 0,50 *m* au-dessus de la ligne des plus hautes eaux.

Installations du Mauerbach. — Le cours, jadis fort sinueux de Mauerbach, a été remplacé tout d'abord par une tranchée de 250 *m*. Deux réservoirs, pouvant contenir ensemble 190 000 m^3, sont disposés pour recevoir les hautes eaux; le plus petit, avec son bassin muni d'une herse en bois, n'est, à proprement parler, qu'un élargissement du lit du ruisseau et sert à retirer les matières charriées et les gros objets flottants, tandis que le grand réservoir situé sur la rive gauche sert essentiellement à l'emmagasinement des excédents d'eau. Les deux réservoirs sont reliés l'un à l'autre par un déversoir de 30 *m* de longueur dont le sommet est établi à une hauteur telle que si l'eau atteint dans l'avant-bassin un niveau supérieur à celui qui correspond au maximum du débit autorisé pour le Mauerbach, le surplus tombe spontanément dans le grand bassin.

Une écluse établie à l'aval permet de vider le grand bassin en temps utile. Le débouché du Mauerbach, dans le nouveau canal de la Wien, s'effectue en franchissant un seuil en béton, avec 2,50 *m* de hauteur de chute.

Tous ces travaux ont nécessité des terrassements considérables, la surface à creuser atteignait près de 500 000 m^2, exactement 494 354 m^2.

L'entreprise fut divisée en deux lots : le premier comprenait l'avant-bassin de la Wien, la conduite principale de dérivation avec tous les travaux qui s'y rattachaient, ouvrage servant à la répartition de l'eau, seuils, ponts, etc., ainsi que toutes les modifications du Mauerbach.

Les entrepreneurs, MM. Doderer, Gœhl et C^ie^, commencèrent le travail en avril 1897 et le terminèrent en deux ans. Ils eurent à déblayer 650 000 m^3, à en transporter 520 000 et à faire 54 000 m^3 de maçonnerie.

Pour ces travaux, la commune de Vienne à installé un grand chantier avec trois dragues de Lübeck, dont chacune pouvait

enlever 1 000 à 1 500 m^3 dans une journée de dix heures. On employa sept locomotives, cent trente-cinq wagonnets, dont chacun portait 3 m^3, 8.500 m de voie furent posés et déposés, etc., etc.

Le deuxième lot comprenait les autres réservoirs. Les terrassements avaient à peu près la même importance que dans le premier, mais les maçonneries atteignaient presque le double. MM. Doderer, Gœhl et Cie furent aussi les entrepreneurs du second lot. Les travaux, commencés à la fin de janvier 1897, seront terminés pour le 1er septembre 1899.

Chenal d'écoulement. — Le chenal d'écoulement des eaux de la Wien, en aval des réservoirs de Weidlingau, est établi tout d'abord à ciel ouvert entre deux talus sur une longueur de 1 600 *m* jusqu'au pont François-Charles à Hacking. De là, jusqu'à l'embouchure du Laingerbach à Hietzing, sur une longueur de 3 *km*, le lit de la rivière est bordé, à droite, par le mur de soutènement du chemin de fer Métropolitain (ligne de la Wien), à gauche, le talus continue. De Hietzing jusqu'au Stadtparck, soit sur 6 800 *m* de parcours, la Wien coule entre deux murs établis de façon à pouvoir être réunis par une voûte. Enfin, les 1 000 derniers mètres sont à ciel ouvert et pourront au besoin être recouverts par une charpente métallique.

Dans les parties destinées à être voûtées, le profil définitif a été calculé de façon à permettre un débit de 600 *m* par seconde. Il en résulte des modifications dans le profil en long de l'ancien lit, lequel, sur certains points, a dû être approfondi de près de 3 *m*.

Sur le parcours, compris entre Hietzing et le Stadtpark, on a déjà voûté complètement la partie située entre le pont Léopold et le Stadtpark, soit 1 350 *m*. En amont du pont Léopold, on a couvert quelques parties correspondantes, soit à des ponts précédemment existants, soit à de nouveaux ponts destinés à relier des rues projetées. Le profil des voûtes change d'après la pente du radier, celle-ci allant de 4,60 0/00 à 1,70 0/00, l'écartement des piédroits varie de 16,5 *m* à 21 *m*.

Les murs de soutènement sont généralement en béton; toutefois, dans la partie contiguë au chemin de fer métropolitain, le mur est en maçonnerie de moellons, de même dans les parties à voûtes. Le radier est en béton, la voûte en béton comprimé de Portland. Sur certains points, pour aller plus vite, on a construit la voûte en briques.

A la sortie de la partie voûtée, du côté du Stadtpark, on a

soit, à raison de 2,10 *f* par florin, 49 millions, près de 50 millions de francs.

Direction des travaux. — Les travaux sont exécutés sous la haute direction de M. l'architecte en chef Berger, Directeur des travaux de la Ville.

Collecteurs parallèles au canal de dérivation du Danube.

Le sol de la ville de Vienne est drainé par tout un réseau de canaux souterrains qui servent à assurer à la fois l'écoulement des eaux ménagères et celui des eaux pluviales.

La conformation naturelle du sol obligeait à diriger tous les canaux de décharge sans exception vers le canal de dérivation du Danube qui, sur une longueur totale de 16 *km*, en comprend 11 à l'intérieur de la ville.

Comme principaux canaux de décharge on avait pris depuis longtemps les nombreux petits ruisseaux existant sur la rive droite du canal, mais ne contenant que bien peu d'eau à l'époque de la sécheresse. Pour rendre ces ruisseaux plus propres à la réception des eaux ménagères, on les avait voûtés sur d'assez longs parcours au fur et à mesure de l'établissement de nouveaux immeubles.

Dans d'autres quartiers, comme la ville intérieure, le Leopoldstadt, etc., où il n'existait aucune trace de ruisseau, on construisit des canaux collecteurs pour remplacer ces derniers et conduire au canal du Danube par la voie la plus directe les eaux ménagères et pluviales.

L'afflux des eaux impures de presque toute la ville dans le lit du canal venait contaminer ce dernier au delà des limites compatibles avec l'hygiène publique, surtout au temps de la sécheresse ; d'autre part, en temps de crue, l'eau du canal remontait dans les canaux de décharge, refoulant les matières qui auraient dû être entraînées, forçant ainsi ces dernières à séjourner longtemps dans les canaux et provoquant souvent dans le niveau des eaux souterraines, des variations dont l'effet déplorable sur la santé publique a été absolument démontré.

Depuis plus de vingt ans, le Conseil municipal se préoccupait de mettre fin à cette situation intolérable en construisant deux collecteurs parallèles au canal ; mais on se heurtait toujours à des difficultés financières ou techniques.

La réunion des faubourgs à la ville, la mise en train des grandes installations commerciales comprenant le chemin de fer métropolitain, la régularisation du cours de la Wien, la transformation du canal du Danube en un véritable bras du fleuve canalisé, avec des plans d'eau de hauteur déterminée, constituèrent enfin un ensemble de motifs qui permirent d'aborder la question de la construction des collecteurs et de la joindre à celle des autres grands travaux.

L'établissement de ces collecteurs doit avoir pour effet, d'une part, d'empêcher l'invasion des égouts de la ville par les hautes eaux et, d'autre part, de purifier l'eau du canal dans toute la traversée de la ville. Les eaux à évacuer devant être conduites tout d'abord jusqu'au pont de la Staatsbahn (1), puis ensuite jusqu'au cours principal du fleuve.

Collecteur de la rive gauche. — Le collecteur de la rive gauche fut le premier mis en chantier (1893-1894) ; il reçoit les eaux du quartier de Leopoldstadt, une partie de celles de Donaustadt et se réunit au collecteur du quartier des Brigitten, depuis la Scholzgasse jusqu'au pont de la Staatsbahn. La pente moyenne est de 0,4 0/00, la longueur atteint actuellement 6 950 *m*, la superficie desservie est de 1 242 *ha* avec 416 000 habitants.

Pour calculer le débit nécessaire, on a évalué le volume des eaux ménagères à 90,50 *l* par tête et par jour, et admis que la moitié de ce volume serait à écouler en dix heures ; pour une pluie exceptionnelle, donnant 0,0197 *m* par heure, on a compté que le tiers devait arriver au collecteur dans le même intervalle, soit un afflux maximum de 19 *l* par seconde et par hectare. D'après ces données, le plus fort volume de liquide à faire passer par les derniers tronçons du canal comprendra 0,550 m^3 d'eaux ménagères et 22,7 m^3 d'eau pluviale par seconde.

Sur cette quantité, 5 m^3 seulement sont entraînés par le collecteur, le reste est déversé dans le canal du Danube au moyen de cinq décharges de secours ménagées à cet effet. Le Conseil supérieur sanitaire n'admet le déversement du collecteur dans le canal que lorsque les eaux ménagères sont diluées dans quatre fois leur volume d'eau pluviale.

Les bouches de décharges de secours sont établies à 0,80 *m*

(1) L'expression « Staatsbahn » sert ici à désigner la Société Autrichienne des chemins de fer de l'État, société privée ; les chemins directement exploités par l'État seraient dénommés « Staatsbahnen ».

au-dessus du plan d'eau normal, de sorte que l'eau du canal ne peut pas pénétrer dans le collecteur.

Le collecteur de la rive gauche sera prolongé jusqu'au Danube, mais on se contentera tout d'abord de le relier au collecteur de la rive droite par un siphon, à proximité du pont de la Staatsbahn.

Le travail a été terminé au mois d'août 1894; depuis ce temps le collecteur fonctionne. La dépense s'est élevée à 780 000 florins, soit environ 1 640 000 *f.*

Collecteur de la rive droite. — La construction du collecteur de la rive droite a donné lieu à de nombreuses difficultés, autant au point de vue technique qu'au point de vue financier.

L'origine de la conduite se trouve à la grande place de Nüssdorf; elle est établie tout d'abord le long de la route de Heiligenstadt jusqu'à la Rampengasse par laquelle elle continue. Après avoir passé sous le chemin de fer François-Joseph, le tracé suit le canal du Danube jusqu'au delà du quai Francois-Joseph; il passe ensuite sous le grand boulevard du Ring, puis sous la Wien, le bassin du patinage, la gare centrale de la Douane, puis il tourne dans la Marxergasse et rejoint ainsi le canal du Danube dans lequel il débouche près du pont de la Staatsbahn en attendant le prolongement jusqu'au fleuve.

Le collecteur de la rive droite doit assurer l'asséchement d'une superficie de 14 060 *ha* comprenant bien entendu les parties desservies par les anciens ruisseaux couverts : Schreiberbach, Nesselbach, etc., les anciens égouts, comme celui du boulevard du Ring, enfin, les deux collecteurs latéraux à la Wien; tous ces égouts, d'ailleurs, viennent se déverser dans le collecteur général.

On estime que le chiffre de la population établie sur ce terrain atteindra dans l'avenir 4 000 000 d'habitants se répartissant en quatre zones comprenant respectivement, d'après leur éloignement de la ville : 75, 300, 400, 520 habitants par hectare.

En calculant, d'après les données admises pour la rive gauche, le débit probable du collecteur de la rive droite, en cas de grande pluie, on arriverait au chiffre énorme de 250 m^3 par seconde, presque le débit du canal du Danube par une différence de hauteur d'eau de 0,78 *m.* D'où la nécessité d'établir, comme sur la rive gauche, des conduites de décharge pour être utilisées à l'occasion. Les conduites projetées étaient au nombre de 15;

13 sont déjà construites. Elles sont établies et fonctionneront dans les mêmes conditions que celles de la rive gauche.

La pente du collecteur de droite est de 0,8 0/00, depuis la grand place à Nüssdorf jusqu'au boulevard dit Schottenring, de là au Sophienbrücke, 0,6 0/00 et enfin 0,4 0/00 au delà. La vitesse d'entraînement des eaux ménagères seule varie de 0,80 *m* à 1,10 *m*; elle ne dépasse pas cependant 0,50 *m* dans la partie supérieure, vu la faible quantité de matières à enlever.

La longueur totale du collecteur de la rive droite, jusqu'à son débouché provisoire au pont de la Staatsbahn, est de 11 292 *m*, le prolongement jusqu'au fleuve aura 5 300 *m*.

Les profils en travers du collecteur comprennent jusqu'à dix types différents, allant naturellement en s'élargissant depuis l'origine jusqu'au débouché. Au début, la section n'a que 1,10 *m* de large sur 1,65 *m* de haut; à l'extrémité, vers le pont de la Staatsbahn, l'ouverture atteint 8,30 *m* de large, 4,60 *m* de haut, y compris une cunette de 5 *m* sur 1 *m*, servant plus spécialement à l'écoulement des eaux ménagères.

Il a été fait grand usage du béton dans cette construction; pour le passage sous la Wien, on a employé du béton armé, système Monnier, à ce point la partie supérieure de la voûte du collecteur est en contact direct avec la base du radier de la Wien.

Les travaux du collecteur de la rive droite ont été commencés en avril 1895; la section de Nüssdorf au Sophienbrücke, 8 045 *m*, est déjà terminée et livrée au service, sauf la dernière section depuis la Postgasse jusqu'au passage sous la Wien inclusivement; trois débouchés provisoires ont été organisés pour remédier à cette insuffisance.

Lors de la construction des collecteurs on a dû nécessairement se préoccuper de la formation éventuelle de dépôts de matières par suite de la faible pente qu'il avait été possible d'obtenir; il était donc indispensable d'organiser un système de chasses puissant. On utilisa dans ce but les retenues d'eau faites sur certains points du canal du Danube en amont des barrages établis pour permettre le stationnement des bateaux.

Les conduites de chasse, qui sont commandées de la rue, sont au nombre de trois sur chaque rive. Pour la dernière section, comprise entre le Schottenring et le pont de la Staatsbahn, des réservoirs spéciaux devront être construits par suite de la différence de niveau entre le collecteur et le canal.

Les frais de construction du collecteur de la rive droite sont évalués à la somme totale de 5 165 000 florins, soit 10 846 500 *f*, le prolongement jusqu'au Danube coûtera 4 007 000 florins, soit 8 414 700 *f*.

Les projets relatifs à cet ouvrage ont été préparés par le Directeur des travaux de la Ville, M. Fr. Berger, et exécutés sous sa haute direction.

Transformation du canal de dérivation du Danube en un port de commerce et d'hiver.

On sait qu'autrefois les bas quartiers de Vienne, le faubourg de Leopoldstadt entre autres, étaient exposés à de fréquentes inondations lors des crues du Danube, et principalement au moment de la débâcle des glaces.

Les travaux de régularisation du Danube et l'établissement d'un bateau barreur, dû au génie d'Engerth, avaient notablement amélioré la situation et, depuis l'année 1873, malgré de nombreuses crues et de fortes débâcles, on peut dire que la ville a été en fait épargnée.

Le bateau barreur et les grilles à glace qui font corps avec lui empêchent les glaces de pénétrer dans le canal de dérivation et réduisent même l'arrivée d'eau, à ce point, qu'à la partie supérieure dans laquelle les eaux ne peuvent remonter depuis le débouché du canal à l'aval, les quais situés à une hauteur moyenne de 4 *m* au-dessus du fond ne sont jamais submergés.

La ville est protégée contre les inondations qui pourraient venir du fleuve lui-même par la digue établie le long de la rive droite jusqu'au débouché du canal, près de Kaiser-Ebersdorf, ainsi que par les digues élevées en retour sur les deux bords dudit canal, jusqu'au pont de la Staatsbahn.

Les observations faites et l'expérience acquise depuis l'établissement du bateau barreur et l'achèvement des autres travaux, ont montré que pour mieux assurer encore la défense de Vienne contre les inondations, il était nécessaire d'interdire absolument aux glaces l'accès du canal, et de réduire encore davantage l'introduction de l'eau et, même à l'occasion, de fermer complètement le passage.

D'autres considérations fort importantes vinrent s'ajouter aux précédentes pour faire reconnaître la nécessité du développe-

ment immédiat des installations de Nüssdorf; il s'agissait, en effet, d'établir de chaque côté du canal de dérivation des canaux collecteurs et d'établir une ligne de chemin de fer à une assez grande profondeur, le long du quai François-Joseph, depuis le bâtiment central de la douane jusqu'à la gare François-Joseph.

Les collecteurs, par suite de la question de dépense, ne pouvaient pas avoir une section assez large pour assurer en tout temps l'écoulement des eaux ménagères et celui des eaux pluviales qu'ils devaient recevoir; il était ainsi nécessaire d'établir entre eux et le canal de dérivation, des communications appelées à servir de décharge éventuelle en cas de forte pluie ou de fonte de neige. Mais le débouché de ces conduites de décharge ne pouvait être établi à plus de 0,80 *m* au-dessus de l'étiage, il fallait donc nécessairement pouvoir ramener à cette hauteur le niveau du canal.

Comme la dépression de niveau obtenue dans le canal à l'aide du bateau barreur était toujours nécessairement en rapport avec le niveau de l'eau dans le fleuve, et que malgré l'emploi de cet engin, on pouvait avoir encore des hauteurs de 4 *m* et même plus, ce qui aurait entraîné l'envahissement des collecteurs et celui de la plate-forme du chemin de fer, les installations servant au barrage devaient être modifiées et complétées, de manière à pouvoir maîtriser l'accès de l'eau plus que l'on n'avait fait jusqu'alors.

De plus, la construction d'un nouvel ouvrage s'imposait, ainsi qu'il va être expliqué.

On avait observé qu'à certains moments, auxquels le Danube charrie beaucoup de glace, les ouvertures du bateau barreur et les interstices existant entre les tiges de la grille à glace se recouvraient tellement de glace que l'eau ne passait pour ainsi dire plus, de sorte que dans la partie supérieure du canal, à l'intérieur de la ville, le fond était presque à sec, ce qui présentait de réels inconvénients, tant au point de vue esthétique qu'à celui de l'hygiène, et il fallait y remédier par l'établissement de réservoirs pour le cas où le canal ne recevait qu'une aussi faible quantité d'eau. On eut alors la pensée d'utiliser comme port ce canal de plus de 16,8 *km* de longueur, et traversant le milieu de la ville.

Il importait donc tout d'abord d'établir une communication permanente entre le fleuve et le canal, même lorsque l'accès de ce dernier devait être fermé, d'où l'établissement d'une écluse; de plus, il fallait, pour assurer le stationnement des bateaux

chargés en des points déterminés, leur assurer sur ces points une hauteur d'eau minima de 2,20 *m*, et à cet effet l'approfondissement du canal s'imposait; on décida de creuser l'ancien lit au droit des points de déchargement jusqu'à 3,20 *m* au-dessous du zéro précédent.

Enfin, pour assurer l'accès des bateaux aux ports formés par les réservoirs indiqués ci-dessus, il convenait d'établir une écluse auprès de chacun de ces réservoirs.

Le programme des travaux à exécuter a été inséré dans la loi du 18 juillet 1892, dont il fait partie intégrante ; ce programme est libellé comme suit :

« Installer à l'origine du canal, près de Nüssdorf, un barrage » avec écluse, permettant, le cas échéant, d'interdire complè- » tement l'accès du canal aux eaux du fleuve.

» Établir sur le parcours du canal, de manière à avoir la » profondeur d'eau nécessaire pour la navigation, trois et au » besoin quatre barrages avec écluses; se préoccuper égale- » ment de l'établissement, à l'extrémité du canal en aval, d'un » barrage destiné à empêcher le reflux des eaux.

» Des murs de quais seront construits provisoirement sur le » parcours Augartenbrücke-Franzenbrücke, et cela des deux » côtés du canal. Là où le chemin de fer est contigu au canal, » les murs s'élèveront jusqu'au niveau du chemin de fer; par- » tout ailleurs, jusqu'au niveau des rues. Au point où les » canaux collecteurs sont en contact avec le canal, on aura » soin de relier, de distance en distance, le mur de quai avec » le canal. »

Viennent ensuite quelques indications relatives à l'ordre à suivre dans l'exécution des travaux; la dépense était estimée 10 millions de florins, soit 21 millions de francs.

Un projet d'ensemble fut dressé, soumis à l'enquête et communiqué à diverses notabilités techniques à l'étranger. A la suite de cet examen, il fut décidé que les barrages seraient mobiles et qu'il en serait établi quatre avec autant d'écluses, savoir :

Le premier à Nüssdorf, le second au Kaiserbad, le troisième un peu en amont du pont de la Staatsbahn, c'est-à-dire en amont du débouché provisoire des collecteurs, le quatrième à 1 *kl* en amont du débouché du canal dans le fleuve, près de Kaiser-Ebersdorf.

Installations de Nüssdorf. — Conformément au programme arrêté, on débuta par l'installation du nouveau barrage et celle de l'écluse de Nüssdorf (1).

Le barrage, situé à 100 *m* en aval du bateau barreur, a pour objet de maintenir à 0,80 *m* au-dessous du zéro le niveau de l'eau dans le canal; il doit donc commencer à fonctionner dès que ce niveau est atteint; il doit également arrêter complètement les glaces, ce que le bateau barreur a d'ailleurs fait jusqu'ici d'une manière convenable.

Le bateau barreur continuera, bien entendu, à être utilisé tant qu'il sera en état de servir; mais le nouveau barrage doit pouvoir se suffire à lui-même.

La hauteur des plus hautes eaux dans le fleuve est évaluée à 6,30 *m* au-dessus de zéro, du côté du canal: lorsque les réservoirs ne fonctionnent pas, le niveau tombe à 0,84 *m* au-dessous de zéro, la masse d'eau à supporter par le nouveau barrage atteignait ainsi une hauteur de 7,14 *m*. Mais comme le canal a une pente de 6,44 *m*, le niveau de l'eau au-dessous du barrage peut descendre à plus de 0,84 *m*, la hauteur d'eau à supporter peut en réalité s'élever jusqu'à 9,34 *m*.

Comme on ne pouvait songer, eu égard aux besoins de la navigation, à établir une pile au milieu du canal, le barrage doit pouvoir résister à une couche d'eau de 40 *m* de large et de 9,34 *m* de hauteur. La pression verticale sur chacune des culées s'élève par suite à 560 *t* et la poussée horizontale à 280, efforts supérieurs à tous ceux supportés jusqu'à ce jour par des constructions similaires.

L'appareil consiste en un pont en treillis très robuste formé de trois poutres porteuses verticales et d'une forte poutre horizontale formant le chemin de roulement du pont.

En temps de chômage, lorsque le barrage est complètement fermé ou complètement ouvert, la section du pont, comprise entre les deux poutres verticales situées à l'amont, est utilisée comme route pour établir une communication entre la partie supérieure des quartiers avoisinant le Danube, d'une part, Nüssdorf, Klosterneubourg, etc, d'autre part, tandis que la seconde section comprise entre la deuxième et la troisième poutre sert uniquement à la manœuvre des appareils.

Un axe d'acier de 0,12 *m* situé dans cette dernière partie sert,

(1) Voir planche 219, fig. 3.

avec une série de contreforts formant au-dessus du plafond du canal des saillies de 0,50 *m*, de point d'appui à des barres presque verticales qui s'étendent du pont au fond.

On peut faire tourner ces barres autour de l'axe d'acier à l'aide de treuils jusqu'à les amener sous le chemin de roulement du pont.

Dans cette dernière situation, la partie inférieure des barres verticales ou aiguilles se trouve à 7,22 *m* au-dessus du zéro, hauteur généralement admise pour les ponts qui franchissent le canal.

Ces aiguilles sont établies à 1,25 *m* les unes des autres; elles sont reliées de trois en trois par des membrures transversales et constituent ainsi une pièce élémentaire du barrage. L'espace libre de 1,03 *m* subsistant entre deux aiguilles consécutives peut être recouvert jusqu'à une hauteur de 9,80 *m* au-dessus du lit du canal par des plaques de fer portées par des rouleaux; la plaque inférieure de 3 *m* de hauteur environ est articulée comme les jalousies servant à la fermeture des magasins; elle est guidée par des coulisses spéciales. Chaque plaque peut être actionnée isolément.

Toutes ces plaques peuvent être manœuvrées de la partie du pont réservée à cet effet. Cette disposition permet de pratiquer à tout instant dans la cloison formée par l'ensemble des plaques, soit une grande ouverture, soit une série d'ouvertures plus petites par lesquelles l'eau peut s'introduire dans le canal sans modifier pour cela l'état de la glace existant à l'amont.

Les fondations de cet ouvrage ont été faites au moyen de caissons; il a fallu descendre jusqu'à des profondeurs de 20 à 25 *m* en dessous du zéro.

La pression exercée par l'ouvrage entier sur le sol lorsqu'il est en pleine charge, c'est-à-dire soumis à la pression de la hauteur d'eau maxima, s'élève, sans tenir compte des frottements latéraux, à environ 9 *kl* par centimètre carré.

Les travaux commencèrent en juillet 1894 : on établit d'abord les deux culées, puis ensuite le radier du barrage, lequel fut exécuté en deux fois par suite des besoins de la navigation. Les travaux préparatoires furent terminés vers la fin de 1897 ; le montage du pont commença aussitôt et fut terminé au commencement d'août 1898.

Le pont avec les aiguilles et les plaques formant rideau pèse environ 1 220 *t;* un élément de barrage, aiguilles et plaques tel

qu'il a été décrit ci-dessus pèse 14,8 *t*. Ces éléments sont au nombre de 16 pour la largeur totale de 40 *m*.

Pour relever un élément, il faut compter 40 minutes de travail à bras ; ce temps pourra être réduit de moitié par l'emploi de l'électricité.

Écluse. — L'écluse, dont la construction a été commencée en même temps que le barrage, n'est point accolée à celui-ci, comme il était prévu tout d'abord; mais elle est établie sur un canal de jonction spécial réunissant le Danube au canal primitif. Le canal de jonction passe au-dessous du chemin de fer desservant la ligne du quai du Danube, ainsi que sous la ligne de la Nord-Westbahn (Vienne, Znaïm, Tetschen); le pont commun à ces deux lignes a dû être surélevé.

L'écluse a 85 *m* de longueur sur 15 *m* de largeur, de manière à pouvoir recevoir les plus grands bateaux du Danube.

Les deux têtes de l'écluse ont été fondées au moyen de caissons, à la profondeur de 11 *m*.

Pour l'écluse proprement dite, on fit tout d'abord une excavation à la profondeur de 8 *m* au-dessous du zéro, les terres étant maintenues par des boisages, puis on établit un radier de 4 *m* d'épaisseur au moyen de béton coulé directement sous l'eau, de même pour les murs latéraux jusqu'à une hauteur de 2 *m;* il fut alors relativement facile d'enlever l'eau qui séjournait encore dans la fosse et d'achever le travail complètement à sec. La partie haute de maçonnerie est en moellons avec un revêtement de granit. Dans les deux murs latéraux de l'écluse et dans chaque direction, ont été pratiqués des aqueducs assez profonds qui permettent de remplir ou de vider rapidement le sas, suivant les besoins, à l'aide de vannes cylindriques. Les portes de tête amont, qui doivent pouvoir résister à une pression d'eau de 9,34 *m*, s'élèvent à 6,30 *m* au-dessus de zéro; leur hauteur totale atteint 10,10 *m*, chaque battant pèse 49 *t*, les portes en aval ne montent qu'à 4,50 *m* au-dessus du zéro.

Tous les travaux de l'écluse et du canal de dérivation, ainsi que ceux de la réfection du pont à trois voies pour le service des deux lignes de chemin de fer, ont été terminés dans le courant de l'année 1898.

Canaux d'alimentation. — Ainsi qu'il a été expliqué plus haut, le relèvement d'un certain nombre d'éléments du barrage principal permet de pratiquer à volonté une large ouverture, ou

une série de petites, de manière à envoyer une quantité d'eau déterminée dans le canal, soit pendant le charriage des glaces, soit lors de la prise en masse, soit enfin au moment de la débâcle. D'autres dispositions ont encore été prévues pour obtenir le même résultat.

Ces dispositions consistent dans l'établissement de canaux s'alimentant directement dans le fleuve, au-dessous du niveau atteint par la congélation, et conduisant l'eau jusqu'au canal, une grille protège l'orifice d'introduction, des regards disposés verticalement de distance en distance permettent de bloquer une section. Trois de ces canaux avaient été prévus à l'origine, un seul a été construit jusqu'à présent. L'ouvrage a été exécuté par tronçons de 16 *m* de longueur et de 4,50 *m* de largeur que l'on construisait à ciel ouvert pour les enfoncer ensuite. On commençait par établir un cadre sur les bords duquel on élevait les deux murs latéraux, puis la voûte, au sommet delaquelle une ouverture circulaire était ménagée. Les deux extrémités étaient fermées provisoirement par une légère maçonnerie de briques. Les ouvriers pénétraient dans l'intérieur de cette espèce d'auge renversée, affouillaient le sol, évacuaient les matériaux par l'ouverture au fur et à mesure de leur extraction et la masse descendait peu à peu. Lorsqu'on arrivait à la couche perméable et que l'eau commençait à se présenter, on montait sur l'ouverture un tuyau préparé à cet effet et la masse fonctionnait comme un véritable caisson en maçonnerie. Une fois le niveau voulu atteint, on construisait le radier, on fermait l'orifice et on passait à la pose du tronçon suivant. Pour le raccordement de la conduite avec le fleuve, les procédés pneumatiques ordinaires furent mis en œuvre.

La conduite a été ainsi établie à une profondeur de 5,50 *m* au-dessous du zéro. Dans certaines parties du parcours où le terrain est particulièrement perméable, la conduite a été surmontée d'un mur vertical étanche servant avec la conduite elle-même à interdire aux eaux d'infiltration provenant du fleuve l'accès des terrains au delà.

Tous ces travaux ont été terminés à la fin de 1898; depuis cette époque, l'écluse et le barrage peuvent être utilisés. Il ne restait à construire qu'un bâtiment d'administration et un magasin que l'on pensait pouvoir terminer dans le courant de l'été 1899.

Les frais d'établissement des installations de Nüssdorf se sont élevés à la somme de 3 600 000 florins, soit 7 500 000 *f.*

Les travaux ont été exécutés sous la haute direction de M. Taussig, conseiller supérieur et directeur des travaux du port.

Tels sont les travaux que l'Union des Ingénieurs et Architectes d'Autriche a fait visiter à ses invités, dans la journée du 19 mars, en leur donnant pour guides les Ingénieurs mêmes qui avaient préparé les projets ou dirigé l'exécution des divers ouvrages.

On comprend aisément quel intérêt présentait cette excursion; tous ceux de nos collègues qui auront occasion de passer quelques jours à Vienne devront la tenter sans hésitation. En se présentant au nom de la Société des Ingénieurs Civils de France, ils sont certains de rencontrer le concours le plus empressé.

CLOTURE DES FÊTES

Une réunion tenue le dimanche soir dans les salons de la Société d'Horticulture clôturait les fêtes du cinquantenaire, plus de cinq cents personnes y assistaient. La plus grande cordialité n'a cessé d'y régner; dans ce contact de près de trois jours bien des relations se sont établies qui pourront devenir la base d'amitiés durables.

M. le Président Berger a pris une dernière fois la parole; il a constaté le grand succès obtenu par l'Union dans la célébration de son jubilé, remercié les organisateurs sans vouloir citer aucun nom, de peur sans doute d'être obligé de commencer par le sien; remercié enfin les délégués des Sociétés étrangères d'avoir bien voulu accepter l'aimable invitation qui leur était adressée.

M. l'Ingénieur en chef Joseph Schustler a exprimé l'espoir que dans quelqués années on pourrait se retrouver à Budapest en semblable circonstance; M. l'Architecte Zuffer a évoqué le souvenir des collègues disparus, M. l'Architecte Kœstler s'est fait, aux applaudissements de l'Assemblée, l'interprète de la reconnaissance de tous auprès du Président.

La soirée s'est terminée par un fort joli concert dans lequel on a entendu successivement les airs les plus populaires de Vienne; enfin il a bien fallu se séparer : ce ne fut point sans tristesse; beaucoup conservent cependant l'espoir de se rencontrer de nouveau avant le second cinquantenaire.

DESCRIPTION DE L'ÉTAT ACTUEL D'AVANCEMENT

DES

GRANDS TRAVAUX DE CHEMINS DE FER

ENTREPRIS A PARIS

EN VUE DE L'EXPOSITION UNIVERSELLE

DE 1900

PAR

M. E. HUBOU

Sur l'invitation de notre Président, nous nous sommes livré à une enquête sur l'état actuel d'avancement des différents grands travaux de chemins de fer entrepris à Paris en vue de l'Exposition universelle de 1900 et nous donnons ci-après le résultat de cette enquête pour :

1° Le Métropolitain de Paris;
2° Les nouvelles lignes de la Compagnie de l'Ouest;
3° Et le prolongement de la ligne d'Orléans au quai d'Orsay.

Les travaux du Métropolitain de Paris.

RAPPEL DES DISPOSITIONS GÉNÉRALES DU PROJET.

Nous rappelons que, par délibérations des 4 et 30 décembre 1896, le Conseil municipal de Paris a adopté le tracé d'un chemin de fer urbain à voie étroite et à traction électrique, comprenant les lignes suivantes et leurs raccordements :

1° Ligne de la porte de Vincennes à la porte Dauphine;
2° Ligne circulaire par les boulevards extérieurs;
3° Ligne de la porte Maillot à Ménilmontant;
4° Ligne de la porte de Clignancourt à la porte d'Orléans;
5° Ligne du boulevard de Strasbourg au pont d'Austerlitz;
6° Ligne du cours de Vincennes à la place d'Italie par le pont de Bercy.

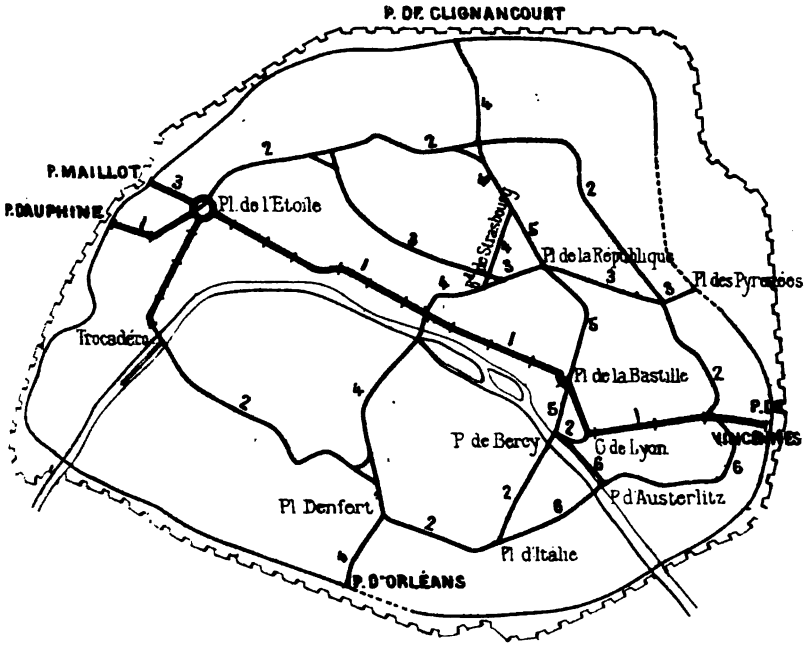
L'avant-projet établi par les Ingénieurs de la Ville, sur les bases suivantes : distance entre les bords intérieurs des rails, 1,30 *m* ; largeur du matériel roulant, 2,10 *m* ; hauteur maxima, 3,40 *m*, fut terminé le 27 mars 1897.

La concession de l'exploitation fut accordée à la Compagnie générale de Traction par convention du 27 janvier 1898. Le 30 mars suivant, était promulguée la loi déclarant d'utilité publique le Métropolitain, et approuvant la convention du 27 janvier, et le cahier des charges y annexé, sous les réserves suivantes :

Largeur maxima du matériel roulant, 2,40 *m*, toutes saillies comprises ;

Intervalle de 0,70 *m* au moins sur 2 *m* de hauteur au-dessus du niveau des rails entre les piédroits ou les parapets des ouvrages et les parties les plus saillantes du matériel roulant ;

Fig 1 Plan général du tracé du Métropolitain



Largeur de la voie entre les bords intérieurs des rails 1,44 *m* (voie normale).

Possibilité de réaliser au point de vue technique les pénétrations des grandes lignes et leurs raccordements dans Paris.

Il résulte de là que le matériel urbain pourra emprunter les lignes des grandes Compagnies, mais la faible section du Métropolitain ne permettra pas la réciproque.

La construction du réseau concédé entraîne une dépense totale de 180 millions qui sera couverte par un emprunt de la Ville.

La figure n° 1 donne le tracé du réseau complet et représente en traits plus accentués la ligne principale Vincennes-Porte-Maillot et les deux embranchements Étoile-Dauphine et Étoile-Trocadéro qui ont été mis en adjudication et commencés peu de temps après la déclaration d'utilité publique.

Cette partie du réseau doit être livrée à l'ouverture de l'Exposition de 1900, nous allons donc en décrire tout d'abord les dispositions générales et nous parcourrons ensuite les divers chantiers pour renseigner sur l'état actuel des travaux.

Dispositions générales de la partie en cours d'exécution

On construit actuellement la partie de la ligne allant de la porte de Vincennes à la porte Maillot et les deux embranchements indiqués plus haut.

L'embranchement Étoile-Trocadéro passe en souterrain sous l'avenue Kléber et sous le Trocadéro.

Ces trois lignes et portions de lignes ont un développement total de 14 *km* et la dépense est évaluée à 36 941 000 *f.*

Ce réseau est, sauf la traversée du canal Saint-Martin, exclusivement en souterrain.

La ligne Porte de Vincennes-Porte Maillot comporte 18 stations, et deux gares terminus, celles de la Porte de Vincennes et de la Porte Maillot.

Les stations courantes ont deux quais parallèles établis sur 75 *m* de longueur. La largeur des quais est de 4 *m* et leur écartement de 5,50 *m*. Ils sont portés par des voûtelettes en briques à plat hourdées au ciment qui reposent sur des murettes en maçonneries perpendiculairement aux voies.

Suivant les cas, la station est voûtée ou couverte par un plancher métallique.

La largeur intérieure d'une station voûtée est de 14,14 *m* aux naissances situées à 1,50 *m* au-dessus des rails. La hauteur intérieure sur l'axe est de 5,70 *m*. L'intrados de la voûte a la forme d'un arc d'ellipse de 3,50 *m* de montée; le radier est également

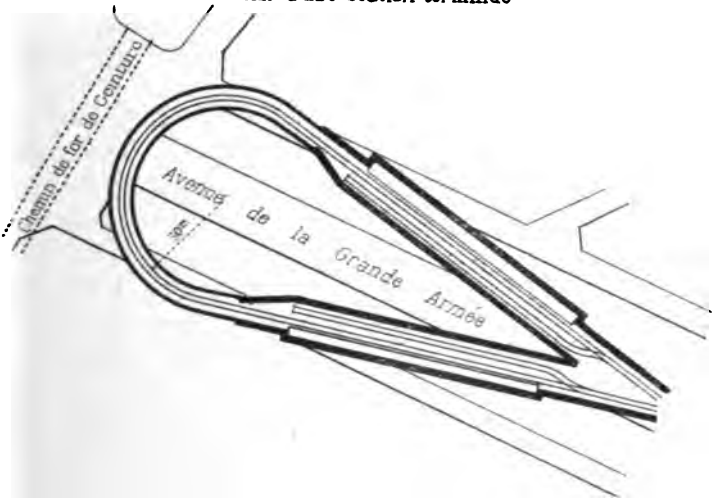
elliptique intérieurement avec 2,20 *m* de flèche. Les parois ont une épaisseur de 2 *m* aux naissances, de 0,70 *m* à la clef de voûte et de 0,50 *m* au point le plus bas du radier. Les extrados de la voûte et du radier sont circulaires.

La largeur d'une station avec plancher métallique est de 13,50 *m*. Les deux piédroits sont réunis par un radier en forme de voûte en arc renversé. Le plancher est constitué par des poutres maîtresses normales à l'axe de la voie, réunies par des longerons entre lesquels règnent des voûtelettes en briques.

Les parties en souterrain sont exécutées par le procédé du bouclier, ou par les procédés ordinaires de construction des tunnels.

Les gares terminus de Vincennes, Maillot, Dauphine et Étoile (pour la ligne Étoile-Trocadéro) présentent une disposition en

Fig. 2
Plan d'une Station terminus

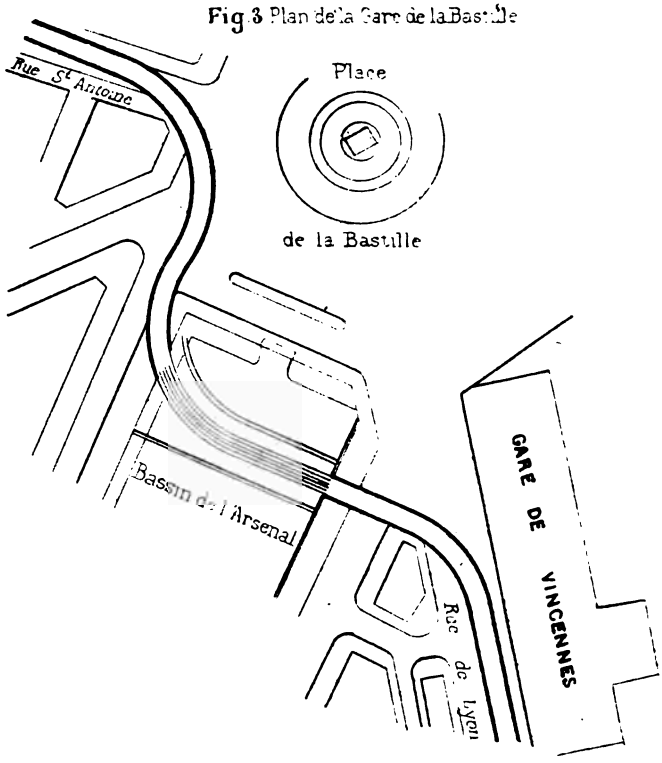


raquette (voir *fig.* 2); les deux voies, ainsi que les quais qui les desservent, s'écartent à l'entrée de la gare de façon à pouvoir être réunies à l'extrémité des quais longs de 75 *m*, par un souterrain à une seule voie dont l'axe est un arc de cercle de 30 *m* de rayon. Cette disposition permet aux trains de la voie descendante, arrivés à destination, de gagner la voie montante sans manœuvre particulière. Ce rayon de 30 *m* paraît bien faible, cependant il existe des rayons de 27 *m* dans les métropolitains de New-York et de Brooklyn.

Suivons maintenant chacune des lignes en cours d'exécution et examinons les points intéressants de chacune d'elles.

Ligne n° 1. — La ligne n° 1, partant comme nous venons de le dire du chemin de fer de Ceinture, Porte de Vincennes, emprunte le cours de Vincennes, s'infléchit vers le sud, place de la Nation, suit le boulevard Diderot jusqu'à la gare de Lyon et s'engage, par une courbe de 75 *m* de rayon dans la rue de Lyon, traverse le boulevard de la Contrescarpe, le canal Saint-Martin et le boulevard Bourdon par une courbe sinueuse, ainsi que

Fig 3 Plan de la Gare de la Bastille



le représente le croquis ci-contre *(fig. 3)* pour prendre la rue Saint-Antoine puis la rue de Rivoli.

A la hauteur de la rue Cambon, la ligne dévie vers la Seine pour traverser en biais la place de la Concorde et suit le côté gauche de l'avenue des Champs-Élysées jusqu'à la future avenue Alexandre III. Elle emprunte ensuite le milieu de cette dernière avenue jusqu'à la place de l'Étoile sous laquelle elle pénètre du côté de l'avenue de Wagram par deux courbes de 80 *m* et de 76,45 *m* séparées par un alignement de 50 *m*. Par une série de courbes et d'alignements symétriques, la ligne s'engage dans

l'avenue de la Grande-Armée dont elle occupe l'axe jusqu'à l'extrémité.

En partant du terminus de la ligne de Vincennes et en nous dirigeant vers la place de l'Étoile, nous trouvons la station de Lyon qui comprendra quatre voies séparées par deux quais centraux de 6 *m* de largeur et de 100 *m* de longueur. Cette disposition a pour but de faciliter les échanges entre la ligne n° 1 et la branche sud de la ligne circulaire n° 6 qui y aboutira (voir le plan général, *fig. 1*).

Un tronçon de 130 *m* environ va être construit en avant de la station sur la ligne n° 2 pour servir de garage.

La figure 3 donne le plan de la partie de ligne entre la rue de Lyon et la rue Saint-Antoine dans sa traversée de la place de la Bastille.

La station de la Bastille sera la seule à ciel ouvert; la ligne traverse un peu au-dessous de la place de la Bastille le bassin de l'Arsenal, dont la largeur entre les murs de soutènement des boulevards latéraux est d'environ 80 *m*. Par suite des difficultés toutes spéciales rencontrées pour effectuer le passage de la ligne en souterrain sous le bassin de l'Arsenal, on s'est décidé à traverser le canal sur un pont. Ce pont sera à poutres droites, afin de donner la hauteur maxima possible au-dessus du plan d'eau pour permettre le passage des bateaux. On a dû également réduire au minimum la portée de ce pont, ce qui a conduit à combler, sur 50 *m* de longueur environ, le bassin de l'Arsenal, en conservant dans son axe un passage de 20 *m* seulement compris entre piédroits en maçonnerie et formant prolongement du souterrain actuel du canal. On a pu obtenir 5,16 *m* de hauteur libre entre le niveau normal des eaux du bassin et le dessous des poutres du pont. La partie du passage entre piédroits non utilisée par la traversée de la ligne de la station de la place de la Bastille sera couverte d'un plancher métallique, ce qui permettra d'agrandir la place de la Bastille d'une quarantaine de mètres vers la Seine.

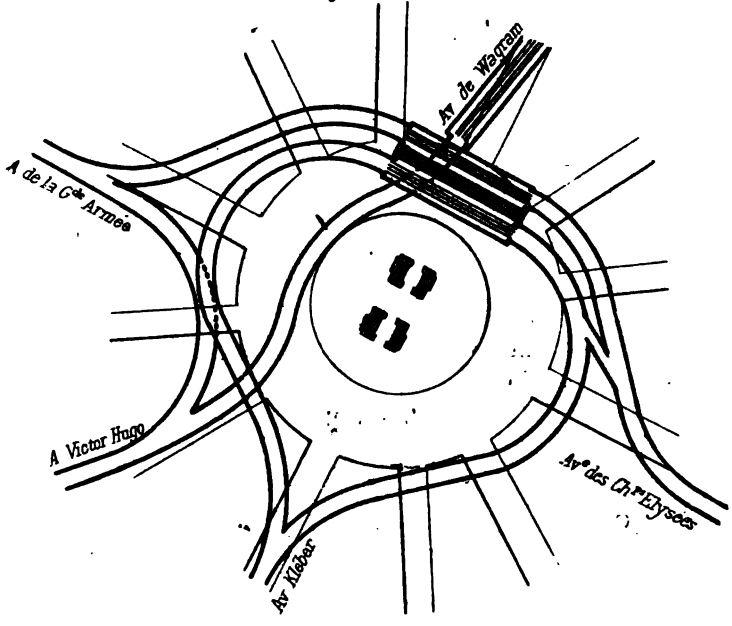
Nous arrivons maintenant à la station des Champs-Élysées prévue à l'avant-projet dans l'axe de l'avenue et qui a été définitivement établie en souterrain sous la contre-allée de gauche à l'extrémité de l'avenue Alexandre III, juste en face de l'entrée de l'ancien Palais de l'Industrie. Les escaliers d'accès pour les deux directions se trouveront à proximité des portes de l'Exposition Universelle, ce qui permettra aux voyageurs d'y accéder

sans avoir à traverser l'avenue si fréquentée à certaines heures et qui, en 1900, sera l'objet d'une circulation encore bien plus intense qu'actuellement.

La figure 4 donne le plan des dispositions prises pour la traversée de la place de l'Étoile. En ce point se réunissent cinq lignes (voir le plan général, fig. 1). Trois stations sont réunies à l'origine de l'avenue de Wagram de manière à faciliter dans la plus large mesure possible les correspondances.

L'embranchement Étoile-Porte Dauphine a son origine à 200 *m* environ de la ligne Porte de Vincennes-Porte Maillot; il passe

Fig. 4
Plan des lignes vers la Place de l'Étoile



sous cette ligne et sous l'embranchement Étoile-Trocadéro, s'engage sous l'avenue Victor-Hugo, puis sous l'avenue Bugeaud pour s'étendre à hauteur de la rue de la Faisanderie en gare terminus affectant la forme générale en boucle avec voie de garage en cul-de-sac accolée à chaque branche de la boucle.

Un raccordement de service relie, sous la partie ouest de la place de l'Étoile, cet embranchement à la ligne Porte de Vincennes-Porte Maillot.

L'embranchement Étoile-Trocadéro a son origine à la station

de la place de l'Étoile, établie sur la ligne Porte de Vincennes-Porte Maillot.

La ligne se développe sous la place de l'Étoile par une boucle en forme de cœur (fig. 4) dont la pointe se trouve au débouché de l'avenue Kléber. Les voies passent sous l'avenue Kléber jusqu'au Trocadéro et s'arrêtent à la rue Franklin.

Un raccordement de service relie, vers les Champs-Élysées, la partie est de la boucle de l'Étoile à la ligne Porte de Vincennes-Porte Maillot.

Les travaux que nous venons de décrire très sommairement sont en pleine période d'exécution. L'embranchement Étoile-Trocadéro, devant être prolongé plus tard vers la Seine, ne sera pas pourvu de gare terminus au Trocadéro ; les stations de l'Étoile et du Trocadéro en tiendront lieu et des prolongements d'environ 125 *m* construits le premier au delà de la station de l'Étoile, le deuxième au delà du Trocadéro, serviront à la manœuvre et au garage des trains.

Procédés de construction.

Partout où la présence de la nappe aquifère n'empêche pas de placer les rails à une profondeur suffisante, on construit les stations en voûte avec parois entièrement recouvertes de briques émaillées. Quand le niveau des eaux souterraines est assez rapproché du sol, on adopte le type de stations avec planchers métalliques et les piédroits sont recouverts de briques émaillées.

Remaniement des égouts et des conduites d'eau.

L'exécution du Métropolitain a nécessité des travaux de remaniements importants dans le réseau des égouts et des conduites d'eau. Ainsi, la ligne n° 1 (Porte de Vincennes-Porte Maillot) rencontre les collecteurs des Coteaux, Rivoli, Sébastopol, Asnières, Montaigne et Marceau.

Un abaissement de profil a permis d'éviter le premier. Quant au collecteur de la rue de Rivoli, il n'a pu être conservé que jusqu'à la rue Bourg-Tibourg ; à partir de ce point, il a dû être remplacé par trois égouts nouveaux, savoir : un premier qui longe les immeubles pairs de la rue de Rivoli et se déverse dans le collecteur Sébastopol ; le deuxième partant du collecteur Sébastopol, restant parallèle à la rue de Rivoli sur la plus grande partie de sa longueur et allant se déverser par les rues des Halles, Saint-Honoré et l'avenue de l'Opéra dans le collecteur des Petits-Champs ; le troisième, enfin, partant de la rue

des Pyramides, suivant la rue de Rivoli du côté des immeubles pairs et aboutissant place de la Concorde au collecteur d'Asnières. La ligne peut éviter le collecteur Sébastopol au boulevard de ce nom et le collecteur d'Asnières, place de la Concorde, en passant par-dessous, mais au prix de certaines difficultés d'exécution, car, en ces points, on pénètre dans la couche aquifère. Le collecteur Montaigne que le chemin de fer Métropolitain rencontre au rond-point des Champs-Élysées, aurait pu, à la rigueur, être évité par un passage en dessous, mais on a préféré ne conserver ce collecteur que sous l'avenue Montaigne pour l'évacuation vers le collecteur Marceau des eaux des quartiers compris entre l'avenue des Champs-Élysées et la Seine, et construire un nouvel égout avenue Gabriel pour porter au collecteur d'Asnières, à la place de la Concorde, les eaux du côté pair des Champs-Élysées.

Le collecteur Marceau se trouve, à la place de l'Étoile, à un niveau suffisamment bas pour permettre au chemin de fer de passer par-dessus.

Enfin, on a construit, sous la rue de la Pompe, un nouveau collecteur destiné à rétablir la communication entre les bassins partiels isolés par l'établissement de la ligne métropolitaine. Cet égout passe avenue Bugeaud, sous l'embranchement Étoile-Porte Dauphine, avenue de la Grande-Armée sous la ligne Porte de Vincennes-porte Maillot, et vient déboucher dans le collecteur Pereire.

Il va de soi que les modifications apportées dans les collecteurs ont entraîné des changements nombreux dans les égouts élémentaires. On a dû consacrer une somme de 3 841 000 *f* à ces divers travaux. De même, les déplacements obligés de conduites d'eau a conduit à une dépense de 800 000 *f*.

Évacuation des déblais.

Afin d'évacuer les déblais résultant du creusement des galeries, on a établi des galeries de décharge au nombre de quatre pour la partie de ligne comprise entre la station de Saint-Paul et l'avenue de l'Alma. Ces galeries souterraines aboutissent aux quais de la Seine ; les trois premières ont respectivement 220 *m*, 246 *m* et 212 *m*.

La dépense d'établissement de ces galeries a été évaluée à 400 000 *f*, le cube évalué à 270 000 m^3, et l'approvisionnement de matériaux à 80 000 m^3.

II

Travaux de la Compagnie de l'Ouest pour les nouvelles lignes dans Paris et la banlieue.

Nous allons maintenant passer en revue l'état actuel des travaux exécutés par la Compagnie de l'Ouest, tant dans Paris que dans la banlieue.

Au moment de notre Cinquantenaire, les chantiers qui venaient de s'ouvrir furent l'objet d'une visite très intéressante dirigée par les Ingénieurs de la Compagnie, dont le compte rendu a paru l'année dernière dans le bulletin n° 9 de la Société.

Ces nouveaux travaux sont exécutés en conformité du décret du 5 juillet 1893 autorisant la Compagnie de l'Ouest à prolonger jusqu'aux Invalides la ligne des Moulineaux, et de la loi du 14 juillet 1897 qui l'a rendue concessionnaire des nouvelles lignes suivantes :

Ligne de Courcelles-Ceinture à Passy et au Champ-de-Mars doublant la ligne d'Auteuil entre Courcelles et la station de l'avenue du Trocadéro : 6 *km* ;

Ligne d'Issy à Viroflay : 10 *km* ;

Ligne de Plaisir-Grignon à Epone : 18 *km*.

Le raccordement d'Issy à Viroflay, entre la ligne des Moulineaux et celle de Versailles-Montparnasse ainsi que la ligne de Plaisir-Grignon à Epone, permettront de diriger à volonté les trains des lignes de Bretagne ou de Normandie sur l'une des trois gares terminus de Montparnasse, des Invalides ou de Saint-Lazare. En outre, on pourra, par la ligne de Courcelles-Invalides, en créant le raccordement direct entre cette ligne et celle des Invalides-Moulineaux, parer aux difficultés de la circulation intense de la Ceinture qui progresse par an de près de 1 million de voyageurs, et dont le nombre dépasse actuellement 25 millions. Enfin, en raison de la proximité des gares en construction aux Invalides et à la Cour des Comptes, on pourra plus tard relier directement les deux réseaux de l'Ouest et de l'Orléans.

Nous suivrons les travaux actuels, qui doivent être achevés pour l'Exposition de 1900, en partant de la gare des Invalides.

Cette gare est presque en totalité couverte à une hauteur relativement faible au-dessus des voies : à sa sortie part une ligne

à double voie qui s'engage dans une tranchée couverte de 250 *m* environ et qui, sur le reste de sa longueur jusqu'au delà du pont d'Iéna, aux abords de la gare du Champ-de-Mars, supporte, pour la durée de l'Exposition, divers palais formant ainsi un long tunnel provisoire ; cette tranchée sera ensuite rétablie à ciel ouvert. De la gare du Champ-de-Mars, la ligne se continue sur la rive gauche de la Seine suivant la ligne ancienne des Moulineaux.

De cette ligne partent deux branches : l'une se détache sur la droite, un peu au delà de la gare du Champ-de-Mars, et constitue la ligne de Courcelles au Champ-de-Mars, sur laquelle nous allons revenir avec détails. L'autre constitue la ligne d'Issy à Viroflay.

1° Ligne d'Issy à Viroflay *(fig. 1, Pl. 221)*.

Cette ligne se détache de la ligne Invalides-Moulineaux à 400 *m* environ en dehors des fortifications, un peu au delà de la halte de Javel ; elle traverse la plaine d'Issy, tantôt en remblai, tantôt en viaduc, et vient se placer sur le flanc du coteau qui domine Issy. Vers l'extrémité de cette localité, elle tourne à gauche, vient passer au-dessous de l'une des arches du viaduc de la ligne Versailles-Montparnasse (rive gauche), puis franchit le Val-Fleuri. Elle s'engage dans la vallée de Meudon et de là passe en souterrain sous toute la forêt, sur une longueur de 3 350 *m* pour déboucher à Chaville. Le tracé se rapproche de la ligne de Versailles-Montparnasse (rive gauche), passe sous cette ligne et y reste accolé jusqu'à la bifurcation de Viroflay.

Cette ligne, d'Issy à Viroflay, franchit la différence de niveau entre la Seine et le plateau de Versailles par une pente de 10 *mm* de part et d'autre du souterrain de Meudon, et de 8 *mm* à l'intérieur de celui-ci. Elle exige des terrassements, des travaux d'assainissement et de consolidation importants, notamment sous les remblais à flanc de coteau des Moulineaux et du Val-Fleuri, qui seront assis sur l'argile plastique ainsi que dans la tranchée de Chaville. Elle comporte, avec le souterrain, cinq grands viaducs ; la fondation de ces ouvrages a été une opération très délicate : pour ceux de la plaine d'Issy, en raison du sable fluent noyé par la nappe d'eau de la Seine ; pour les autres, en raison de la grande profondeur, on a dû descendre au-dessous du niveau de la Seine à travers les galeries souterraines creusées dans la craie de Meudon et affectées à la culture des champignons.

Le souterrain est construit, du côté de Meudon, où le terrain est tendre et sec, d'après la méthode belge perfectionnée par l'emploi d'un monte-charge roulant à la jonction des chantiers haut et bas; du côté de Chaville, par la méthode du bouclier, en raison de l'importance des infiltrations et du gonflement des marnes à l'air.

En outre de ces travaux d'art et de ceux qu'exigent un grand nombre d'ouvrages de dimensions courantes, il faut encore reconstruire, entre Chaville et Viroflay, les ponts actuels de la ligne de Versailles-Montparnasse qui seront à quatre voies. Le raccordement de la ligne nouvelle, avec les directions de Versailles-Rive gauche et Versailles-Chantiers, se fait au delà de la station de Viroflay dont le bâtiment devra être légèrement déplacé. Comme aucun croisement ne se fera à niveau, les six voies passeront les unes au-dessus des autres au moyen d'une série de viaducs biais dont les accès exigeront des remblais importants.

2° Ligne de Courcelles-Ceinture à Passy et au Champ-de-Mars.

Cette ligne, comptée depuis son origine, c'est-à-dire depuis la rue Alphonse-de-Neuville jusqu'à la bifurcation du Champ-de-Mars, mesure 5 605 *m*; depuis la gare Saint-Lazare, elle mesure 8 120 *m*. Elle comprend deux sections bien distinctes : la première part de la gare du Champ-de-Mars à l'avenue du Trocadéro, et la seconde, de l'avenue du Trocadéro à Courcelles-Ceinture.

Première section *(fig. 2, Pl. 221)*. — La bifurcation avec la ligne des Moulineaux se fait à la passerelle de Passy; de ce point elle suit la ligne des Moulineaux jusqu'à la rue des Usines; de là, elle s'en sépare pour gagner, par un remblai, le viaduc servant à la traversée de la Seine.

Ce viaduc doit présenter une courbure très prononcée. Il est constitué par deux viaducs principaux jetés, l'un sur le petit bras, l'autre sur le bras navigable de la Seine. L'axe du viaduc du petit bras, ou gare de Grenelle, est un contour polygonal destiné à permettre l'inscription d'une courbe de 155 *m* de rayon, que la ligne doit décrire pour son raccordement avec la ligne des Moulineaux. Il est formé de trois travées métalliques solidaires; la portée des travées extrêmes est de 29,20 *m* et 33,50 *m*, celle de la travée intermédiaire de 43 *m*.

Le viaduc du bras navigable sera formé par une travée unique

de 85 m de portée, biais à 67°. Pour ne pas rompre la perspective de la Seine, on a écarté le type de tablier à poutres droites, d'aspect peu décoratif ; de même, celui d'arcs sous les voies, en raison du surbaissement excessif qu'ils auraient présenté, et l'on a adopté une disposition comportant deux arcs surbaissés au huitième supportant un tablier placé à un niveau intermédiaire entre la clef et les naissances. Ce viaduc aura l'avantage de laisser un débouché convenable à la navigation.

Les deux viaducs du petit bras et du bras navigable sont reliés par un viaduc en maçonnerie d'une seule arche au-dessus de l'île des Cygnes.

Le viaduc du bras navigable se prolonge par un viaduc de quatre arches en maçonnerie au-dessus du port de Passy, par un autre viaduc de 20 *m* de portée et biais a 72° 30′ avec tablier métallique au-dessus de la chaussée du quai, puis par un dernier de cinq arches en maçonnerie.

La ligne passe ensuite en remblai jusqu'un peu avant la rue Raynouard ; de là, elle traverse en souterrain les hauteurs de Passy.

Tunnel de Passy. — Le tunnel de Passy est formé de deux tronçons, longs respectivement de 317,25 *m* et 345,05 *m*, séparés par une tranchée de 106,94 *m* à ciel ouvert donnant près du carrefour des rues de Boulainvilliers et des Vignes, où une station est prévue (voir *fig.* 2, *Pl.* 221).

Le souterrain est à deux voies de part et d'autre de la station de Boulainvilliers ; après cette station, il passe sous l'intersection de la rue Mozart et de la Chaussée de la Muette, longe la rue de la Pompe et arrive à un espace de 50 *m* à ciel ouvert (*fig.* 3), à partir duquel le tunnel à double voie se transforme en deux tunnels à voie unique.

La voie montante (*fig.* 3, *Pl.* 221) s'infléchit et, à 40 *m* de la tranchée à ciel ouvert, passe en souterrain sous la ligne d'Auteuil. La voie descendante passe également en souterrain, de sorte que les deux voies de la ligne du Champ-de-Mars se trouvent ainsi encadrer les deux voies de la ligne d'Auteuil. Les deux souterrains à voie unique se terminent à la rue Edmond-About. Les deux voies nouvelles de la ligne du Champ-de-Mars ainsi établies, à raison d'une de chaque côté des deux voies de la ligne d'Auteuil, arrivent en tranchée jusqu'à la station de l'avenue du Trocadéro, à partir de laquelle commence la seconde section de la ligne du

Champ-de-Mars, celle de l'avenue du Trocadéro à Courcelles-Ceinture.

Deuxième section. — La section de l'avenue du Trocadéro à Courcelles-Ceinture, dont la longueur est de 3600 *m*, comprend les travaux consistant en l'élargissement de la ligne d'Auteuil, dont le nombre des voies est porté de deux à quatre. On obtient ce quadruplement en élargissant, tantôt des deux côtés, tantôt d'un seul, la tranchée dans laquelle passent les deux voies actuelles.

Les voies de la ligne du Champ-de-Mars encadreront les voies de la ligne d'Auteuil, non seulement jusqu'à la station de l'avenue du Trocadéro, mais encore jusqu'à la station de l'avenue du Bois-de-Boulogne; il en sera de même depuis l'avenue de la Grande-Armée jusqu'à Courcelles; mais, au contraire, entre l'avenue de la Grande-Armée et l'extrémité (côté Auteuil) de la station de l'avenue du Bois-de-Boulogne, les voies nouvelles sont placées toutes deux du côté droit des voies anciennes. Ces dispositions sont motivées par la configuration des lieux.

Quand les quatre voies seront en exploitation, les deux voies situées du côté intérieur de Paris serviront aux trains descendant vers Auteuil et le Champ-de-Mars et les deux autres serviront aux trains montant vers Courcelles. Dans chacune des stations de Courcelles-Levallois, Neuilly-Porte Maillot, avenue du Bois-de-Boulogne et avenue du Trocadéro, les deux voies parcourues par des trains marchant dans le même sens seront desservies par un quai double, de telle sorte qu'il n'y aura pour le public aucune confusion au sujet de la direction à prendre. Les quais sont du type haut avec bordures de 0,85 *m* au-dessus du niveau des rails.

Mode d'exécution des travaux.

Il nous reste maintenant à donner quelques détails sur l'état d'avancement des travaux et sur les moyens employés pour résoudre les difficultés innombrables de construction de la ligne.

Sur la section de Courcelles à l'avenue du Trocadéro, les travaux sont forcément exécutés sans interrompre la circulation extrêmement intense de la ligne de la Petite-Ceinture. Les talus existants ont été rescindés et remplacés par des murs de soutènement. Là où la tranchée actuelle est trop faible, on empiète sur les trottoirs des rues latérales et, pour leur rendre leur largeur normale, on établit des encorbellements en béton armé

soutenant les trottoirs : c'est ce qui a lieu notamment à la gare de Courcelles et le long du boulevard Pereire.

Les trottoirs sont supportés par des consoles qui sont, comme ceux-ci, en béton armé. Le béton armé permet, en effet, d'avoir des supports plus longs que s'ils étaient en pierre de taille, et il présente une réelle économie sur les charpentes métalliques. Les consoles ont une hauteur et une épaisseur constantes sur une même section de ligne ; elles sont distantes de 2,50 *m* à 3 *m* ; quand à leur longueur de saillie, elle varie de 0,80 *m* à 3,50 *m*.

Les travaux nécessités par la traversée des avenues sont particulièrement délicats : la nature des ouvrages varie suivant la hauteur dont on dispose. Ainsi, sous la place Pereire, sous l'avenue du Bois-de-Boulogne et sous l'avenue Henri-Martin, on a construit des voûtes en maçonnerie surbaissées, tandis qu'à l'avenue de la Grande-Armée on a dû adopter un tablier horizontal avec poutres métalliques. D'autre part, les bâtiments des voyageurs, aux stations de Neuilly, de la Porte-Maillot et du Bois-de-Boulogne, sont à reconstruire.

Les ponts au-dessus de la ligne d'Auteuil doivent tous être reconstruits avec tablier métallique de 16 *m* d'ouverture. Actuellement, une galerie étagée est ouverte dans chacune de leurs culées pour le passage des convois de wagons Decauville servant à l'enlèvement des déblais.

La voie Decauville est élevée sur échafaudages à 1,50 *m* ou 2 *m* au-dessus du sol. Les déblais de chaque chantier emmenés par les wagonnets sont déchargés dans des wagons arrêtés sur une voie latérale aux rails de la Ceinture ; ils sont ensuite conduits la nuit, après l'arrêt du service des trains de Ceinture, soit à Issy, soit à Viroflay pour servir aux remblais de la ligne d'Issy à Viroflay.

La construction du tunnel de Passy a présenté des difficultés énormes d'exécution, notamment le tunnel de la voie montante, sous la ligne d'Auteuil (voir *fig. 4, Pl. 221*). En effet, la traversée a lieu avec un biais de 14° seulement : le passage est à une profondeur si faible que la hauteur entre l'extrados de la voûte et le niveau du rail des voies d'Auteuil, est seulement de 0,68 *m*. En outre, le point de traversée est situé dans une partie resserrée entre deux murs de soutènement élevés. Cependant le travail a été terminé, en moins de deux mois et demi, sans gêne pour l'exploitation, et malgré le passage de plus de 400 trains par 24 heures. La longueur de la traversée, mesurée entre les posi-

tions extrêmes des murs de soutènement et des piédroits, est de 75 mètres; elle fut partagée en 25 anneaux de 3 mètres, dont 10 du côté du Champ-de-Mars et 15 du côté du Trocadéro, la voie d'Auteuil présentant en ce point une inflexion prononcée pour contourner le parc de la Muette. A cet effet, on ouvrit deux galeries provisoires de 2 *m* de largeur, la première à droite du souterrain, la seconde à gauche, toutes deux aboutissant à l'intersection des axes des deux lignes, à laquelle correspondait l'anneau n° 10 qui fut attaqué des deux côtés à la fois. On enleva les déblais de l'excavation des anneaux à l'aide des galeries provisoires et des puits ouverts à leur extrémité. Les matériaux de construction furent amenés par la même voie. Puis l'excavation et la construction des maçonneries des anneaux adjacents furent effectuées simultanément dans deux anneaux à la fois, en reculant du n° 10 au n° 1 pour le côté du Champ-de-Mars, du n° 10 au n° 19 pour le côté du Trocadéro. Une troisième attaque fut commencée au n° 19 pour faire séparément les six derniers jusqu'au n° 25.

Pour les anneaux placés sous les voies mêmes d'Auteuil, en particulier pour l'anneau n° 10, le déblaiement de chacun d'eux fut exécuté à ciel ouvert en creusant une tranchée perpendiculaire à la direction du tunnel; les voies avaient été préalablement posées sur longrines et fortement entretoisées afin d'empêcher leur écartement.

Les autres parties des souterrains à voie unique furent exécutées par les mêmes procédés que ceux du souterrain à deux voies.

Dans la partie de ligne comprise entre la rue Raynouard et la chaussée de la Muette, celui-ci traverse, entre la naissance de la voûte et le sol, des bancs calcaires fortement crevassés. La partie inférieure de la voûte se trouve dans le calcaire tendre, et un peu au-dessus des naissances le calcaire est remplacé par l'argile plastique.

La section de la voûte *(fig. 5, Pl. 221)* a la forme d'une anse de panier à trois centres, dont les rayons sont de 4,80 *m* pour l'arc central et de 3,70 *m* pour les arcs extrêmes. Les principales dimensions du tunnel sont les suivantes :

Épaisseur de la voûte	à la clef	1,00 *m*
	aux naissances .	1,25 *m*
Épaisseur des piédroits verticaux.	aux naissances .	1,25 *m*
	à la base	1,75 *m*
Distance des piédroits verticaux		9,00 *m*

Dans les parties où le tunnel traverse le banc d'argile, pour éviter le gonflement à l'air de l'argile qui aurait pour inconvénient de faire rapprocher les piédroits, on a établi un radier dont l'épaisseur sur l'axe est de 0,90 *m*.

Les phases d'exécution du souterrain sont les suivantes :

1. — Ouverture dans l'axe, à partir des différents points, de tronçons de galerie, de 2,50 *m* de hauteur et de 2,50 *m* de largeur ; la réunion de ces différents tronçons constitue une galerie d'avancement ininterrompue dont le toit correspond à l'extrados de la voûte.

2. — Enlèvement du *petit strosse* ou abaissement de la galerie au niveau des naissances. Ce travail est maintenant terminé sur toute la longueur du tunnel.

3. — Boisage en éventail permettant l'extraction des déblais à l'emplacement de la voûte, abatage par longueur de 6 *m* et exécution de la maçonnerie de la voûte par anneaux isolés au moyen de cintres et de couchis.

4. — Percement des galeries latérales 4 et construction des piédroits en sous-œuvre. On procède à cette construction par fouilles étagées de 3 *m* de longueur en ayant soin de ne pas exécuter deux portions en face l'une de l'autre, de façon à ne pas laisser la voûte en porte à faux.

5-6. — Enlèvement du *grand strosse* 5 et 6 et exécution du radier. En général, le grand strosse est enlevé tout entier, c'est ce qui arrive pour la plus grande partie du tronçon compris entre le Trocadéro et la station de Boulainvilliers où le banc d'argile n'est pas coupé. Mais dans les endroits où le terrain ne présente pas assez de solidité et pour éviter le foisonnement à l'air de l'argile, on exécute en galerie, de distance en distance, tous les dix mètres environ, des parties de radier de 3 *m* de longueur, après avoir enlevé 5. On entretoise ainsi les piédroits et on en évite le rapprochement sous l'action des pressions latérales.

Puis, entre ces portions de radier, on établit un radier continu sur la moitié de la largeur après avoir enlevé la moitié correspondante du grand strosse, l'autre moitié servant de rampe pour l'extraction des déblais.

L'extraction de l'argile plastique qui se trouve à la base du tunnel se fait suivant la méthode employée dans l'exploitation

des bancs d'argile servant pour la fabrication des tuiles et des briques, et au moyen d'ouvriers spéciaux appelés « glaisiers ».

Pour consolider les couches calcaires supérieures qui sont disloquées et boucher les fissures au plafond de la voûte, on injecte, entre l'extrados et la calotte, du mortier de ciment. A cet effet, des tuyaux de 0,05 *m* sont noyés de distance en distance dans l'épaisseur de la clef de voûte et, au moyen d'une pompe à bras, on y injecte le mortier fluide placé dans un réservoir muni d'un agitateur.

La ventilation du souterrain de Passy est assurée, dans les portions à voie unique, par des galeries distantes de vingt en vingt mètres, débouchant dans les murs de soutènement de la ligne d'Auteuil; dans les portions à double voie, à l'aide des ouvertures extrêmes et par une cheminée d'appel de 10 m^2 de section établie au milieu de ces portions. Dans le cas où la ventilation naturelle, au moyen de cette cheminée d'appel, serait insuffisante, on la compléterait au besoin par un ventilateur du type employé par la Compagnie d'Orléans pour le prolongement de la ligne de Sceaux. Celui-ci serait mû électriquement et, en tournant à la vitesse de 85 tours par minute, débiterait 50 m^3 d'air par seconde; il fournirait en une heure un volume d'air frais trois fois plus grand que le volume de l'air vicié par 400 trains et onze fois plus grand que le volume d'air du souterrain.

Les souterrains à une voie sont très avancés; leur infrastructure est presque terminée. Pour le souterrain à double voie, la voûte est achevée sur toute la longueur et on exécute les piédroits de la section Trocadéro-Boulainvilliers. Entre la station de Boulainvilliers et la rue Raynouard, les piédroits sont exécutés sur toute la longueur; le souterrain est complètement terminé sur plus de 200 *m*. L'infrastructure sera sans doute terminée en septembre, et le tunnel sera prêt pour l'exploitation de la nouvelle ligne au commencement de l'année prochaine.

Nous dirons en terminant qu'on construit actuellement, près de la gare des Moulineaux, entre la Seine et la ligne Invalides-Versailles, une usine productrice d'énergie destinée à assurer la traction électrique des trains de banlieue sur cette ligne, à pourvoir à l'éclairage des gares, à des services divers de manutention, de compression d'air, d'épuisements, etc. Elle contiendra des groupes électrogènes de 800 kilowatts, chacun produi-

sant le courant triphasé à 5 000 volts. Ce courant de haute tension sera amené par câbles souterrains à trois sous-stations de transformation; situées, l'une au Champ-de-Mars, l'autre à Meudon et la dernière à Viroflay. Dans chacune de ces sous-stations seront disposés des transformateurs statiques alimentant des convertisseurs rotatifs, transformant le courant alternatif de 5 000 volts en courant continu de 550 volts. Des convertisseurs, le courant continu passera dans la voie électrique par un conducteur spécial en forme de rail, et de là par des frotteurs aux locomoteurs électriques.

En outre de ces locomoteurs électriques, quatre locomoteurs à air comprimé sont prévus tant pour alléger le travail des premiers, dans les moments de trafic intense, que pour assurer les secours dans les tunnels de Passy et de Meudon. L'air sera comprimé à la sous-station des Invalides où le courant de haute tension actionnera des moteurs et des compresseurs prenant l'air à la pression de 6 *kg* des conduites de la Ville pour l'amener en deux cascades à celle de 80 *kg*.

L'usine des Moulineaux est encore destinée à alimenter d'autres sous stations pour l'épuisement des eaux d'infiltration, à fournir l'énergie aux ascenseurs, monte-charges, treuils, ponts tournants, etc., à assurer l'éclairage électrique, non seulement des gares des Invalides et du Champ-de-Mars, mais encore des différentes gares de la ligne de Courcelles au Champ-de-Mars et enfin à pouvoir dans l'avenir produire l'énergie nécessaire à la gare et aux ateliers des Batignolles.

Les travaux si difficiles et si délicats que nous venons de passer en revue seront, malgré tous les obstacles rencontrés, terminés pour l'ouverture de l'Exposition de 1900, au grand honneur des Ingénieurs de la Compagnie de l'Ouest qui les dirigent.

III

Pénétration de la ligne d'Orléans dans Paris.

Le prolongement de la ligne d'Orléans dans Paris a fait, au moment du Cinquantenaire de la Société, l'objet d'une très intéressante conférence de M. Brière, ingénieur en chef de la Voie et de la Construction de cette Compagnie; le résumé en a paru

dans le *Bulletin* n° 9 de septembre 1898. Nous ne reviendrons donc pas sur cette étude et nous nous contenterons de donner quelques détails sur l'état actuel de l'avancement des travaux en remontant du quai d'Orsay à la place Walhubert.

La figure 1 *(Pl. 221)* donne le profil en long de la ligne dont le développement est de 4 *km.*

Gare terminus du quai d'Orsay. — La gare terminus du quai d'Orsay se trouve sur l'emplacement de l'ancienne Cour des Comptes et du quartier de cavalerie ; elle est limitée par le quai, la rue de Bellechasse et la rue de Lille. Elle comprend deux étages. L'étage inférieur est à 5 *m* en contre-bas des rues ; il utilise toute la surface des deux bâtiments publics précédents, ainsi que celle du quai proprement dit. Il doit comprendre un faisceau de 15 voies se reliant en éventail à la sortie avec les quatre voies principales allant à la gare d'Austerlitz et à Sceaux. A cet effet, cet éventail passe dans les sous-sols de deux immeubles, celui de la Caisse des Dépôts et Consignations et celui de l'ancien café d'Orsay faisant l'angle du quai et de la rue du Bac. La nécessité de conserver ces constructions a exigé de nombreux travaux de soutènement et de consolidation, tant sur les façades qu'en sous-œuvre et on vient de terminer la pose d'un tablier métallique destiné à soutenir ces immeubles. Ce tablier est formé de fortes poutres à double T s'appuyant, d'une part, sur les assises du nouveau mur de quai et, d'autre part, sur un mur latéral traversant obliquement les caves. En outre, des poteaux, d'écartement variable avec le degré d'épanouissement du faisceau, forment des points d'appui intermédiaires. Au-dessus de ce tablier sont montées de petites voûtes avec chape en béton de ciment. Ces travaux sont aujourd'hui à peu près complètement terminés. Les immeubles reposent sur ces poutres ; grâce à de minutieuses précautions, aucun accident ne s'est produit.

Le mur de quai a été déplacé de 8 *m* environ vers la Seine. Sa largeur à la base varie de 2 à 2,50 *m* ; ses fondations descendent à 1,50 *m* au-dessous du niveau moyen de la Seine. C'est sur ce mur que s'appuient les poutres du tablier métallique précédent supportant la chaussée du quai et les bâtiments conservés. Entre les points d'appui sont ménagées des baies de 1,80 *m* de largeur sur 0,90 *m* de hauteur pour l'éclairage des voies de service situées en dessous. Le tablier mesure 20,20 *m* d'ouverture près du Pont Royal et 73,65 *m* du côté de la gare ; sa longueur

est de 101,25 *m*. Il est installé par MM. Moisant, Laurent, Savey et Cie.

Les 15 voies du sous-sol se décomposeront ainsi, en partant de la Seine :

3 voies de service ; 4 voies de départ (grandes lignes) ; 2 voies pour l'arrivée et le départ (banlieue) ; 2 voies pour l'arrivée des trains de grande ligne ; 2 voies pour l'arrivée et le départ des trains de banlieue ; 2 voies de service ; au total 14 ; une dernière et quinzième voie non reliée directement aux précédentes servira de voie de service.

Les trottoirs desservant les voies ont des longueurs variant entre 185 et 240 *m*, des largeurs de 6 et de 7 *m* et un surélèvement de 0,85 au-dessus du rail. Deux trottoirs plus étroits, non destinés aux voyageurs sont ménagés dans l'entre-voie des voies principales de départ pour le passage des chariots à bagages, à lampes, à chaufferettes, etc.

A l'autre extrémité du chantier, sous le trottoir de la rue de Lille, se trouvent les caves de l'hôtel terminus constituées par des voûtes en maçonnerie ordinaire de 4 *m* d'ouverture.

Le plancher du rez-de-chaussée de la gare, placé au niveau des voies publiques, est formé par un tablier métallique supporté du côté de la rue de Lille, par les piédroits du mur de façade de l'hôtel, dans le faisceau des voies par cinq lignes de piliers A, B, C, D, E reposant sur des massifs en maçonnerie, les deux intermédiaires B et C reposant sur les quais des services accessoires de lampisterie et de chaufferetterie :

Espacement des piliers *(fig. 2, Pl. 221)* :

Du mur de façade de l'hôtel au pilier A.	9,00 *m*
Entre les piliers A et B	40,18
— — B et C	16,34
— — C et D	8,53
— — D et E	15,00
Du pilier E au mur de quai.	13,00
	102,05 *m*

Le plan général du rez-de-chaussée est constitué par un rectangle de 268 *m* de longueur parallèlement à la rue de Lille et au quai d'Orsay, et de 102 *m* de largeur parallèlement à la rue de Bellechasse.

Le tablier métallique est divisé en deux parties. Celle du

côté de la rue de Lille constitue le plancher de l'hôtel, il est formé de poutres ayant une portée variant de 8,55 *m* à 9,55 *m* qui s'appuient d'un côté sur le mur de façade de l'hôtel et de l'autre sur la ligne des piliers A; elles se prolongent au delà de ceux-ci par une saillie en encorbellement de 4,12 *m*.

L'autre partie, qui constitue le plancher du rez-de-chaussée de la gare parallèle au précédent, est divisée en deux travées, l'une de 16,40 *m* s'appuyant sur les piliers B et C, l'autre de 8,53 *m* s'appuyant sur les piliers C et D; la première se prolonge au delà des piliers B en encorbellement de 6,02 *m*.

Ces deux tabliers métalliques sont séparés par un espace libre de 30,04 *m* au-dessus des voies et réunis en leur milieu par une large passerelle. Cependant, aux deux extrémités, les poutres extrêmes se prolongent sur toute la largeur de la gare en constituant vers la rue de Bellechasse le vestibule d'arrivée et vers la Caisse des Dépôts et Consignations un emplacement pour divers services auxiliaires. Ces tabliers ont été exécutés par la Compagnie de Fives-Lille.

Enfin, tout le long de la façade du côté du quai, la chaussée de ce quai est soutenue par un tablier métallique prenant appui sur les piliers D et E et sur le mur de quai; elle est formée d'une série de poutres supportant de petites voûtes en béton. Ce tablier abritera les voies de service dont le prolongement a été prévu en vue du raccordement ultérieur de la gare avec celle des Invalides. Son exécution a été confiée à la maison Baudet et Donon.

En résumé, la gare du quai d'Orsay sera ainsi organisée :

Le départ, banlieue et grandes lignes, se fera par la façade principale; l'arrivée, par la rue de Bellechasse; à l'angle de la rue de Bellechasse et de la rue de Lille est l'hôtel Terminus.

La façade de départ est formée d'un porche de sept grandes arcades flanquées de deux pavillons. On pénètre dans le vestibule parallèle au quai, et, de là, sous le grand hall de 40 *m* jeté au-dessus des voies, au moyen de la large passerelle, citée précédemment, qui met en communication le vestibule, d'une part, avec chacun des trottoirs centraux, et, d'autre part, avec les bureaux du rez-de-chaussée de la rue de Lille. Les 15 voies du sous-sol sont à environ 5 *m* en contre-bas de la rue.

La rupture de l'égout du collecteur de la Bièvre a produit une inondation brusque des chantiers de la gare; d'autre part, les infiltrations de la Seine ont créé également de sérieuses dif-

ficultés pour l'établissement du radier général des voies et des massifs en maçonnerie. Les travaux ont néanmoins pu être terminés en temps utile.

Au sortir de la gare d'Orsay, sous le tablier métallique supportant la chaussée du quai, ainsi que les murs des bâtiments de la Caisse des Dépôts et Consignations et ceux de l'ancien café d'Orsay, les voies s'engagent dans un tunnel qui se trouve au droit de la culée du Pont Royal. Ce tunnel est formé par une voûte en béton qui, sur la gauche, entame largement la culée du pont; elle a une largeur de 20,20 *m* et une hauteur de 6,70 *m* de la clé de voûte au niveau des rails. Elle a été construite à ciel ouvert, en se servant du sol comme cintre. L'ancien collecteur de la Bièvre se trouvait compris dans ce nouveau tunnel: il a été dévié pour le boulevard Saint-Germain.

Du Pont Royal à la rue de Beaune, la ligne passe sous un tablier métallique. De la rue de Beaune au Pont-Neuf elle passera dans deux tunnels accolés de 8 *m* d'ouverture s'étendant sous les quais Voltaire et Malaquais; l'un d'eux est destiné aux voies du prolongement futur de la ligne de Sceaux. Les travaux d'exécution de ce double tunnel n'ont pu commencer qu'après ceux des autres chantiers por suite du retard apporté à la construction du nouveau collecteur du boulevard Saint-Germain remplaçant le collecteur de la Bièvre. Ils ont été exécutés à ciel ouvert. Le piédroit central et les deux voûtes sont construits simultanément. La voûte côté Seine est construite sur cintres; celle côté maisons a été tournée sur terre, et la culée côté maisons sera faite par la méthode de reprise en sous-œuvre. La double voûte s'arrête à l'Institut.

De l'Institut au quai des Grands-Augustins, il n'y a plus qu'une seule voûte de 8 *m* d'ouverture. La plus grande partie est établie par la méthode du bouclier Chagnaud qui roule sur les piédroits construits préalablement, cette attaque va en remontant la Seine.

Une autre attaque, exécutée par les procédés ordinaires, battage au large et cintres en charpente, vient au-devant de la précédente.

Travaux des quais Saint-Michel et des Grands-Augustins. — A la suite de ces voûtes, viennent les tabliers des quais des Grands-Augustins et Saint-Michel. L'établissement de ces tabliers a été nécessité par la faible hauteur existant entre la chaussée et les rails; entre ceux-ci est interposée une voûte sous la place Saint-

Michel *(fig. 3, Pl. 221)*. La construction de cette voûte a été assez difficile en raison, d'abord, de la circulation intense en ce point, et ensuite des nombreuses canalisations d'eau, de gaz et d'électricité. Son exécution s'est faite en deux phases : les chantiers, isolés par des clôtures, ont successivement occupé une moitié de la voie à l'entrée du pont Saint-Michel, tandis que l'autre moitié était laissée libre pour la circulation. Après les déblais, on a voûté sur forme de terre. Du côté droit, la voûte, au lieu de s'appuyer sur des pilastres fondés par puits, repose sur des piédroits descendant à 9,50 *m* au-dessous du niveau de la chaussée. Du côté gauche, la voûte est soudée à la culée du pont Saint-Michel, dont on avait au préalable essayé la solidité en ouvrant en sous-œuvre dans la culée deux chambres qui furent ensuite maçonnées.

Les remblais au-dessus de la voûte sont formés par du béton maigre ; son extrados est revêtu d'une chape en mortier de ciment et d'un enduit en asphalte.

Les abatages du massif intérieur ont été faits suivant le procédé ordinaire et les déblais évacués par bateau.

Le chantier du quai des Grands-Augustins a été entrepris après celui du quai Saint-Michel et suivant la même méthode *(fig. 4, Pl. 221)*. La chaussée a été rétrécie au moyen de palissades laissant encore un espace suffisant pour la circulation ; les voies dans cette partie de la ligne seront en rampe de 5 *mm* sur 380 mètres. Le mur actuel correspond à peu près à l'axe de la voie ; il sera reporté vers la Seine, ce qui laissera encore un chemin de halage de 2,50 *m*. L'épaisseur des murs soutenant le tablier est de 1,15 *m* et la largeur de la voie est de 8 *m*.

De l'autre côté du pont sera la station du quai Saint-Michel destinée aux voyageurs sans bagages *(fig. 5, Pl. 221)*. Elle s'étend jusqu'au Petit-Pont et aura un développement de 215 *m* environ, dont 173 *m* entre le pont Saint-Michel et le Petit-Pont. Dans ce parcours, les rails sont à 5,80 *m* au-dessous des poutres et les voies sont en rampe de 4 *mm*. La station comprend en plus des deux voies, deux trottoirs à voyageurs larges de 3.50 *m*, auxquels on accédera par trois escaliers. Ces escaliers qui relient le quai haut au quai bas présentent à mi-hauteur un palier par lequel on pénètre dans l'intérieur de la station souterraine. Des passerelles établies en prolongement de ces paliers font communiquer ensemble les deux trottoirs par l'intermédiaire d'escaliers.

La station est établie sous le tablier métallique du quai. Pour

l'organisation de ces travaux, on a commencé à construire le nouveau mur de quai jusqu'au niveau où les poutres du futur tablier viennent s'y asseoir, tout en laissant un passage forcément un peu restreint pour le service de la navigation. Sur toute la longueur du quai Saint-Michel, on a installé pour la circulation un platelage en bois de 7,50 *m* de largeur, formant chaussée avec deux petits trottoirs et bordé de clôtures. L'ancien mur a été ensuite démoli sur la moitié de sa longueur environ jusqu'à peu près un mètre en dessous des poutres métalliques. Le sol a été fouillé sous le platelage provisoire, et au fur et à mesure on calait celui-ci avec de fortes palées en charpente. Préalablement, au droit et à l'aplomb de chacune des poutres, on avait creusé des puits de 1,50 *m* sur 2 *m* descendant jusqu'au terrain solide, soit à peu près de dix mètres de profondeur. Ces puits furent ensuite comblés avec du béton de Portland jusqu'à la hauteur du sommier en pierre supportant les poutres. Ces piliers ont été ensuite reliés entre eux par des arceaux au-dessous desquels les piédroits ont été maçonnés ultérieurement. Entre ces murs et les façades des maisons, il restait une place strictement suffisante pour y loger un petit égout destiné à recevoir les eaux de vidange de ces immeubles et leurs canalisations d'eau. Au-dessus de cet égout, entre le mur du souterrain et les soubassements des maisons, on a remblayé avec de la bonne terre.

Tout en faisant les terrassements et les maçonneries, on a dû conserver les égouts actuels par suite du retard apporté à la construction du nouveau collecteur du boulevard Saint-Germain, ce qui a causé un certain retard aux travaux. Un ancien égout hors service existait sur le bas-port : on l'a conservé, mais en le comblant avec du béton maigre pour consolider la fondation du mur de quai.

Ce mur est composé de pierres de taille de Souppes avec pilastres en pierre de Vilhonneur ; il est percé de 26 baies de 3,40 *m* de largeur séparées par des trumeaux de 1,60 *m* auxquelles il faut ajouter 5 autres baies de 1,15 *m* à 2 *m*.

Le tablier métallique comprend 34 sommiers disposés transversalement à la direction de la chaussée et espacés de 3 *m* d'axe en axe. Ils supportent des poutrelles longitudinales réunies par des voûtains et noyées dans un hourdis de béton de ciment. Les voûtains seront recouverts d'une chape en asphalte pour former la chaussée.

Travaux du Petit-Pont au pont Sully. — La partie de la ligne comprise entre ces deux ponts (du point 2,12 *km* au point 1,10 *km*) est en tunnel. Elle comprend une voûte en maçonnerie surbaissée de 9 *m* d'ouverture avec une chape à l'extrados et un enduit entre maçonneries pour les piédroits et le radier. La construction s'est faite au moyen du bouclier de M. Chagnaud, en le faisant supporter par les piédroits de la voûte préalablement construits au moyen de galeries d'avancement.

Les travaux s'exécutaient sur quatre chantiers. Dans le premier, on creusait les galeries d'avancement boisées de 2 *m* de largeur au sommet, de 2,70 *m* à la base, les boisages du toit étant à 0,70 *m* au-dessus des naissances de la voûte. Dans le second, on exécutait les maçonneries des piédroits au fur et à mesure de l'avancement des galeries, y compris les niches, renforcements et surépaisseurs, aussi bien que le remplissage des vides rencontrés. On obtenait ainsi un nivellement parfait aux naissances et un alignement exact. Sur le troisième chantier était établi le bouclier pour l'enlèvement des déblais au-dessus des naissances. Sur le quatrième, on exécutait la maçonnerie de la voûte. En arrière se trouvaient les voies posées sur le grand stross et celles des galeries latérales permettant l'amenée des matériaux et l'enlèvement des déblais. Les chantiers suivants comprenaient l'élargissement des galeries de piédroits pour l'enlèvement des déblais du grand stross, et, enfin, après cet enlèvement, on avait un dernier chantier pour l'achèvement du radier.

Le bouclier coupé aux naissances, fonctionnant comme trousse coupante, était analogue à celui du collecteur de Clichy qui réalisait des avancements de 9,30 *m* par 24 heures. Il avait reçu deux améliorations, l'une relative à un dispositif de guidage latéral par rouleaux permettant de faire mathématiquement les courbes, l'autre relative au soutènement des terres derrière lui.

La construction du tunnel a commencé en amont du pont Sully. Sur le bas-quai était établie une estacade de 50 *m* de longueur où accostaient deux bateaux, l'un pour les déblais, l'autre pour les matériaux. L'évacuation des déblais se faisait au moyen de wagonnets basculants de 1 m^3 et de plates-formes de 3 m^3 remorqués par une petite locomotive à air comprimé de huit tonnes du système Mékarski. Les dispositions adoptées permettaient de claver la voûte deux jours environ après l'attaque du terrain par le bouclier. Les cintres étaient enlevés quatre à

cinq jours après ce clavage. La force motrice nécessaire pour la mise en marche du bouclier, la bétonnière, les pompes d'épuisement et les machines-outils des ateliers était fournie par le secteur électrique de la rive gauche. Le courant alternatif était transformé en courant continu pouvant développer 120 kilowatts sous une tension de 220 volts. De plus, une machine de secours de 30 kilowatts actionnait le compresseur.

Après l'exécution de 400 *m* de voûtes, une seconde estacade a été établie en amont du pont de l'Archevêché. Les matériaux destinés à la construction des piédroits et de la voûte furent alors amenés par cette nouvelle estacade, et la première servit uniquement à l'évacuation des déblais du grand stross et à l'amenée des matériaux du radier sous les 400 *m* de voûte terminée. Une troisième estacade a été enfin établie en amont du Petit-Pont pour effectuer les mêmes opérations.

Le tunnel précédent se raccorde en amont du pont Sully avec une tranchée à ciel ouvert établie sur le bas-port du quai Saint-Bernard. A 70 *m* en avant de la tête du souterrain, la ligne décrit une courbe de 200 *m* de rayon et passe partiellement sous la chaussée. Le mur de quai a été abattu, sauf le parapet qui s'appuie sur une poutre métallique de 53,22 *m* de longueur et de 1,30 *m* de hauteur. Cette poutre est supportée, du côté de la place Valhubert, par le mur de quai repris en sous-œuvre, dans l'entrevoie par une colonne en fonte, et à son autre extrémité par un pilier en pierres de Souppes. Des poutrelles transversales, dont les longueurs varient de 0,75 *m* à 9,65 *m*, sont rivées d'une part à cette maîtresse poutre à intervalles de 3 *m* et reposent à leur autre extrémité sur le mur de soutènement du chemin de fer. Elles sont reliées entre elles par des voûtains en béton de ciment de Portland qui servent d'assise à la chaussée. Le raccordement entre ce tablier et la voûte en maçonnerie du tunnel a été effectué au moyen d'un tablier métallique formé de poutres disposées parallèlement à la tête du tunnel et reliées entre elles et avec les précédentes poutrelles par des voûtes en béton.

Travaux à ciel ouvert sur le port Saint-Bernard (fig. 6, pl. 221). — Les travaux sur le bas-port du quai Saint-Bernard, du pont Sully au souterrain de la place Walhubert, ont été effectués à ciel ouvert. Ils ont consisté en l'ouverture d'une tranchée de 13 *m* de largeur environ, tout le long du quai, la construction des deux murs de soutènement qui la bordent espacés de 9 *m*

et celle de trois passerelles en fer servant à faire communiquer le quai et le bas-port.

Le quai Saint-Bernard est double et se compose d'un quai bas pour le chargement et le déchargement des bateaux et d'un quai haut pour la circulation urbaine. On a prélevé sur le quai bas une largeur de 9 *m* pour l'établissement de la ligne, qui est ainsi à ciel ouvert sur une longueur de 650 *m*, avec des rampes de 0,5 *mm* de part et d'autre du pont Sully, de 3,5 *mm* sur 268,5 *m* et de 11 *mm* pour gagner le souterrain de la place Walhubert.

Pendant les travaux, on a établi sur les bords de la Seine une estacade de 45 *m* de longueur sur 5 *m* de largeur pour l'enlèvement des déblais de la tranchée à ciel ouvert et du tunnel de la place Walhubert.

Le vieux mur de quai qui forme une des parois de la tranchée a dû être repris en sous-œuvre et consolidé sur toute sa longueur. Ce travail a été fait par parties. De même, du côté de la Seine, des boisages ont dû être établis pour soutenir les terres. Pour éviter les infiltrations d'eau, les murs ont été construits en deux parties séparées par un enduit en mortier de ciment.

Pour les trois passerelles, elles sont placées aux kilomètres 0,755, 1 et 1,093 et reposent sur des culées en maçonnerie, dont le corps est en moellons smillés de Souppes. Leurs tabliers supportent entre les poutres des voûtains en béton de ciment. A chacune d'elles correspond une rampe d'accès.

Travaux du souterrain de la place Walhubert (fig. 7, Pl. 221). — La ligne aboutit, sur le quai Saint-Bernard en aval du pont d'Austerlitz, à l'entrée du tunnel de la place Walhubert, qui est formée par une tête en pierres de taille de Vilhonneur se reliant aux murs qui bordent la partie à ciel ouvert. Elle se continue en souterrain, avec une rampe de 11 *mm*, en traversant la place Walhubert, passant sous le bâtiment de l'Administration de la Compagnie et arrivant en palier au centre de la gare d'Austerlitz.

L'exécution des travaux effectués à ciel ouvert a été répartie en trois phases pour ne pas arrêter la circulation. Dans la première, le chantier s'étendait de la rampe des bateaux parisiens, en aval du pont d'Austerlitz, jusqu'aux voies de tramway de la ligne Alma-Gare de Lyon; dans la deuxième, le chantier allait de la fin du précédent jusqu'à la ligne des tramways Bastille-Montparnasse. On a dévié les voies du tramway Alma-Gare de

Lyon pour les faire passer sur une partie achevée pendant la première période et on a établi une chaussée pavée de 8 *m* avec trottoirs de 0,60 *m*. Le troisième chantier a ensuite été ouvert en déviant de nouveau les voies précédentes en rétrécissant le trottoir reliant le pont au quai d'Austerlitz.

La traversée de la place Walhubert se fait en partie sous voûte en maçonnerie, en partie sous tablier métallique.

La voûte en maçonnerie a une longueur de 121,60 *m*. Elle présente un profil surbaissé ayant une épaisseur à la clef de 0,60 *m*; son ouverture est de 9 *m*, la hauteur des rails à la clef de voûte est de 5 *m*. Elle a été maçonnée à ciel ouvert sur forme de terre préalablement recouverte d'un enduit en plâtre pour obtenir un cintre d'intrados bien uniforme. Cette voûte repose sur une série de piliers en béton régulièrement espacés sur le développement des piédroits et reliés dans le sens de ceux-ci à leur partie supérieure par des arceaux en béton. Pour la fondation de ces piliers, on a creusé des puits descendant à 8 *m* en contrebas de la chaussée. La voûte a été exécutée en béton sur une longueur de 80 *m* et, sur le reste, en meulière avec mortier de ciment de laitier. Les piédroits et la voûte étant achevés, on a déblayé souterrainement par approfondissement et galeries d'avancement. Les terres ont été conduites à l'estacade du quai Saint-Bernard et déchargées dans des bateaux qui les transportaient à Ablon, dans d'anciennes ballastières.

La voûte se continue par un tablier métallique se subdivisant en deux tronçons, le premier de 35 *m* et d'une seule travée de 9 *m* d'ouverture, le second de 20 *m* formant deux travées de 4,50 *m* pour chacune des voies. Les poutres principales de ces tabliers sont reliées par des longerons et les intervalles hourdis en béton de ciment. Les trottoirs et les chaussées de la place sont supportés par ce tablier métallique et exhaussés de 0,80 *m*.

Chacune des voies passe ensuite dans un souterrain distinct sous le bâtiment d'Administration de la Compagnie. Ces souterrains sont jumelés et réunis par une pile centrale. Pour les construire, on creuse à l'endroit de chaque piédroit et du mur central une série de puits de 2 *m* sur 1,50 *m* séparés par des intervalles de 4 à 8 *m*, dans lesquels on construit des tronçons de murs. Au sommet, ces murs sont réunis par des arceaux en maçonnerie établis sur le fond de fouille dressé en forme de cintre. Sur les piédroits extérieurs et central de chaque souterrain reposent les poutres d'un tablier métallique. Les déblais

sont enlevés après coup souterrainement par le tunnel de la place Walhubert; les piédroits sont ensuite complétés. La longueur de cette partie du souterrain est d'environ 66 *m*. Les voies aboutissent enfin dans le hall de la gare d'Austerlitz, où elles arrivent en rampe de 11 *mm*. Cette rampe rapide existe, du reste, sur 440 *m* de leur développement.

Le prolongement de la ligne d'Orléans au quai d'Orsay a une longueur totale de 4 *km*. Sa dépense d'installation est estimée à 40 millions.

Malgré les nombreuses difficultés rencontrées pour le maintien de la circulation dans les rues, pour l'épuisement des eaux d'infiltration, pour le déplacement des conduites d'eau d'alimentation, des égouts, des tubes pneumatiques, des câbles téléphoniques, des câbles de distribution de l'énergie électrique, les travaux ont été poussés avec la plus grande activité et seront terminés avant l'ouverture de l'Exposition de 1900. Ils sont exécutés sous la haute direction de MM. Brière, Ingénieur en chef, et de la Brosse, Ingénieur de la construction de la Compagnie d'Orléans.

BIBLIOGRAPHIE

Machines à vapeur et machines thermiques, par J. Dejust, Ingénieur des Arts et Manufactures, répétiteur à l'École Centrale, Professeur à la fédération des mécaniciens et chauffeurs, attaché au service des machines élévatoires de la Ville de Paris.

Ce manuel fait partie de la *Bibliothèque des conducteurs de travaux publics*, éditée par Mme Dunod. Il est écrit avec clarté, et illustré de plus de 400 figures très nettes. Il comporte 16 chapitres :

I. Historique succinct. — II. Notions de thermodynamique sagement limitées aux applications. — III. Étude du fonctionnement d'une machine à vapeur à mouvement alternatif, et détermination des dimensions. Il y a là une bonne exposition de la théorie de la machine à vapeur. — IV. Organes de la machine à vapeur. Les régulateurs, notamment, sont présentés avec beaucoup de détails. — V. Étude des divers systèmes de distribution et de détente des machines à cylindre unique. — VI. Idem pour les machines à plusieurs cylindres. Ces deux chapitres nous semblent peut-être un peu trop développés par rapport à l'ensemble de l'ouvrage, ils occupent presque le tiers du volume, il est vrai que le sujet est complexe et important. — VII. Condensation de la vapeur. — VIII. Classification et étude des machines à piston et à mouvement alternatif au point de vue du genre de travail qu'elles ont à produire. — IX. Rendement, comparaison et choix des machines. Nous avons là un bon chapitre contenant des indications pratiques utiles. — X. Machines oscillantes, rotatives, sans piston à pression directe. — XI. Machines où la vapeur agit par sa puissance vive. — XII. Moteurs à air chaud. — XIII. Moteurs à gaz. Ces moteurs sont présentés d'une façon fort claire. De même, les moteurs à pétrole (XIV) et les machines thermiques diverses (XV). L'auteur a su se limiter intelligemment ; il ne s'est pas laissé déborder par le nombre extrême de types. — XVI. Achat, installation, réception et entretien des machines thermiques. Ce dernier chapitre a un caractère pratique qui le fera consulter avec fruit. Les exemples choisis au Service des Eaux sont peut-être un peu trop *administratifs*, mais ils ont le mérite d'être consacrés par l'expérience.

Le présent ouvrage de M. Dejust se place au-dessus des formulaires, des aide-mémoire, c'est un traité condensé.

A. Rubin.

Les Écoles de commerce en Allemagne et en France, par MM. Ed. Jourdan, Ingénieur des Arts et Manufactures, Directeur de l'École des Hautes Études commerciales, et G. Dumont, Président de la Société des Ingénieurs Civils, professeur à l'École des Hautes Études commerciales. — Librairie Nony, 63, boulevard Saint-Germain.

Une des causes qui ont présidé au développement commercial de l'Allemagne, en laissant de côté celles d'ordre politique et économique, est l'éducation technique des jeunes gens qui se destinent au commerce, l'Enseignement Commercial dont, depuis plus de trente ans, le gouvernement allemand favorise l'extension.

C'est ce que viennent de faire ressortir, dans un travail bien documenté, l'éminent Directeur de l'École des Hautes Études commerciales, M. Jourdan, et notre honorable Président, professeur à cette école, M. Dumont. Ce travail, que nous allons analyser, a pour but de montrer l'importance donnée par l'Allemagne à ses Écoles de commerce et de comparer leurs résultats avec ceux obtenus par les Écoles françaises depuis 1870.

En dehors des Realschulen et des Realgymnases, dont les examens de sortie correspondent à peu près à ceux de notre baccalauréat d'enseignement moderne, et dont les programmes ne préparent pas à une profession particulière, on fut amené à créer dans les centres industriels et commerçants des Écoles de commerce permettant aux jeunes gens de posséder rapidement une instruction professionnelle les mettant à même d'acquérir par la suite une situation convenable. Sans tenir compte des institutions purement privées ou des cours faits aux employés de commerce après leur sortie des bureaux et magasins, on compte actuellement, en Allemagne, 37 de ces Écoles, se décomposant ainsi :

	Nombre.	Nombre des élèves.
École des Hautes Études commerciales, à Leipzig, dont les auditeurs sont tous ou presque tous munis du droit au service d'un an par leurs études antérieures	1	150
Écoles supérieures du Commerce réparties dans les divers États de l'Empire et dont le diplôme donne droit au service d'un an.	16	3228
Principaux cours commerciaux annexés à des établissements de l'État et dont le diplôme donne également droit au service d'un an	12	272
Principales *Écoles de Commerce* dont le diplôme ne donne pas droit au service d'un an	8	726
Total.	37	4226

en ne comptant pas les 150 auditeurs de l'Eccle de Leipzig qui est une véritable université dont l'équivalent n'existe pas en France.

Si nous mettons en parallèle les effectifs, en 1898, des Écoles de Commerce de France, nous trouvons :

1° Écoles dont le diplôme donne droit au service d'un an :

		Nombre.	Nombre des élèves.
A Paris.	École des Hautes Etudes commerciales.	1	293
	École supérieure du Commerce. . . .	1	127
	Institut commercial.	1	99
En province. — Écoles supérieures du Commerce.		8	777
	TOTAL.	11	1296

2° Écoles dont le diplôme ne donne pas droit au service d'un an :

Ecole commerciale de Paris.		1	538
Écoles préparatoires aux Écoles supérieures. . .		10	475
Écoles pratiques du Commerce		11	714
	TOTAL.	22	1727
	TOTAL GÉNÉRAL.	33	3023

Il y a donc en Allemagne 37 écoles de commerce avec 4226 élèves contre 33 écoles et 3023 élèves en France.

Les écoles de commerce allemandes n'appartiennent pas à l'État : elles sont fondées presque toujours par des chambres de Commerce, des corporations de négociants, des municipalités et quelquefois des professeurs. L'État intervient soit sous forme de subventions, soit en accordant aux élèves sortants le droit au service d'un an.

Les examens d'entrée sont d'une très grande facilité : ils comprennent les matières du programme de notre quatrième classique ; le nombre des élèves à recevoir n'est pas limité et le Gouvernement n'intervient jamais dans ces examens.

Les programmes des cours de ces écoles dépassent rarement ceux de nos *Ecoles Pratiques de Commerce*. Ils sont en général plus simples et plus pratiques : en particulier, la comptabilité occupe moins de temps. C'est qu'en effet pour nos voisins, ainsi que le disent excellemment MM. Jourdan et Dumont « l'École prépare à la maison de Commerce, mais ne la remplace pas ».

L'étude des langues anglaise et française et de la correspondance en ces langues prend le plus grand nombre d'heures par semaine. Une grande importance est donnée à l'arithmétique commerciale, en particulier dans les deux dernières années, aux questions d'intérêts, d'escompte, de change, d'arbitrages et au calcul des effets allemands et étrangers. L'enseignement de l'algèbre, de la géométrie et de la mécanique est très développé. En géographie, les questions de colonisation tiennent plus de place que dans les écoles françaises. En histoire, on doit signaler le développement exceptionnel donné aux questions qui concernent la Réforme et la Contre-réforme. L'enseignement commercial, droit commercial, bureau commercial, tenue des livres et correspondance ont un programme à peu près analogue à celui des cours si-

milaires de nos écoles pratiques. Le droit proprement dit est en général peu développé. Le programme de l'économie politique est lui-même très simple : on y traite surtout « l'Histoire de la Propriété » et « les Questions de Crédit ».

Les examens de sortie, dits examens de maturité, sont subis devant un jury composé des professeurs de l'école et présidé par un représentant du Gouvernement. C'est une différence essentielle avec ceux de nos écoles françaises, qui, comme les examens d'entrée, sont subis devant un jury d'État où ne figure qu'un seul professeur de l'école. Il en résulte que le diplôme donnant droit au service militaire d'un an est accordé en Allemagne beaucoup plus facilement que chez nous : c'est ainsi que la proportion des candidats éliminés est à peine de 8 0/0 tandis qu'elle dépasse chez nous 22 0/0.

En comparant les progrès de l'enseignement commercial dans les deux pays, nous constatons que si le nombre des élèves est encore supérieur chez nos voisins, il ne s'est, depuis douze ans, accru cependant que de 20 0/0, tandis que dans la même période l'augmentation en France a dépassé 87 0/0.

MM. Jourdan et Dumont attribuent à trois causes principales ces résultats très satisfaisants :

1° L'orientation nouvelle des études vers les questions économiques et commerciales;

2° Le bénéfice de la dispense de deux années de service militaire attaché aux diplômés;

3° Le relèvement par le contrôle de l'État du niveau de l'enseignement commercial.

Cependant l'intervention de l'État, par suite de l'uniformité des programmes d'entrée rendus plus difficiles, de la limitation du nombre des candidats admis, et de la substitution du concours à l'examen a eu, comme conséquence regrettable, la disparition de l'enseignement commercial *secondaire*. Les écoles supérieures sont devenues de véritables écoles patronales et l'on ne forme plus qu'un nombre beaucoup trop restreint de commis et d'employés.

MM. Jourdan et Dumont forment le vœu que le Gouvernement multiplie ses écoles pratiques et que les Chambres de Commerce régionales créent des *écoles commerciales secondaires* analogues à celle de l'avenue Trudaine qui peut être citée comme un véritable exemple à suivre et qui, malgré ses faibles ressources, recrute annuellement plus de 550 élèves.

Nous ne pouvons que nous associer à ce vœu, en espérant que le nombre ira toujours grandissant de ceux qui s'adonneront à la carrière commerciale pour le plus grand profit des intérêts français.

E. Hubou.

Le Gérant, Secrétaire Administratif,
A. de Dax.

IMPRIMERIE CHAIX, RUE BERGÈRE, 20, PARIS. — 19536-9-99. — (Encre Lorilleux).

JBE
l'entrée

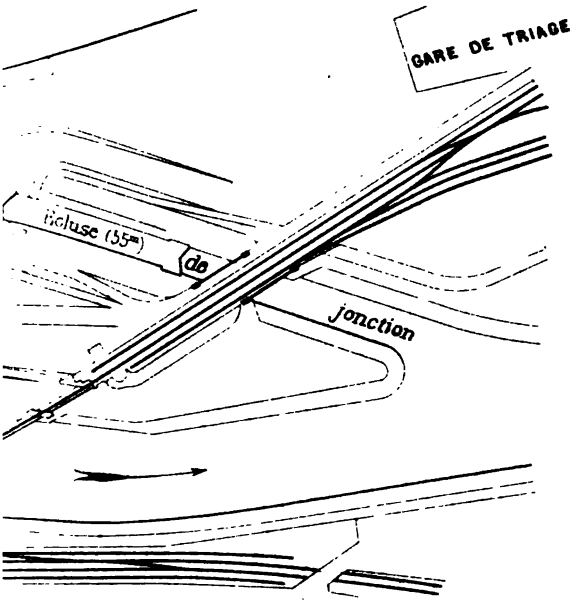
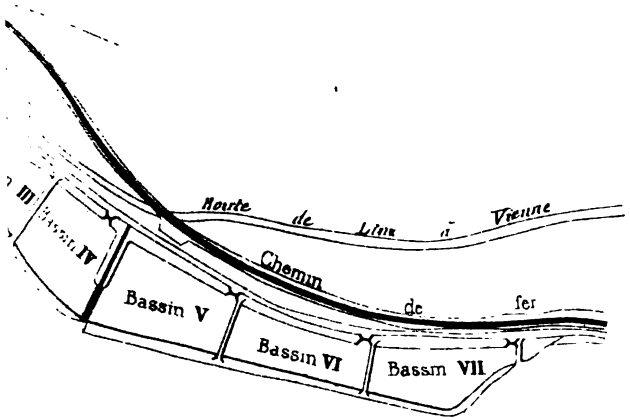


Fig. 3. — PLAN
des réservoirs de la Wien



Auto-Imp. L. Courtier 43, rue de Dunkerque, Paris

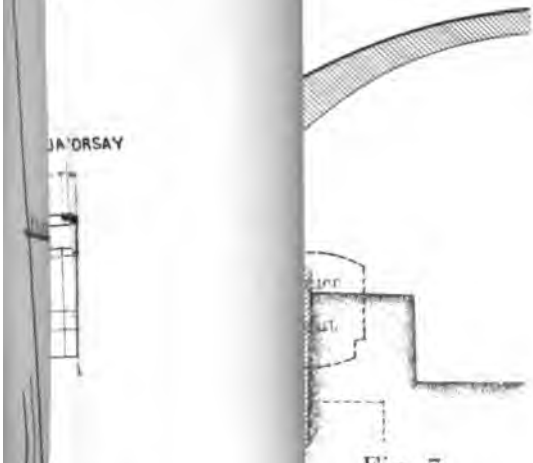


Fig. 7.

r dez-de-chaussee de la Gare d'Austerlitz
(Place Walhubert)

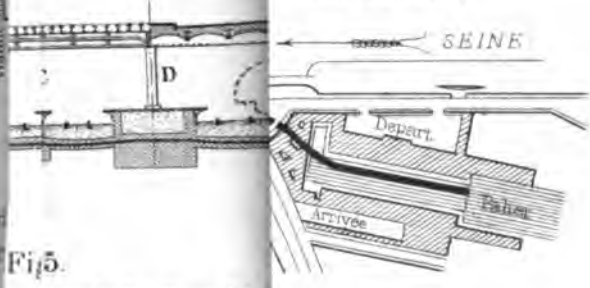
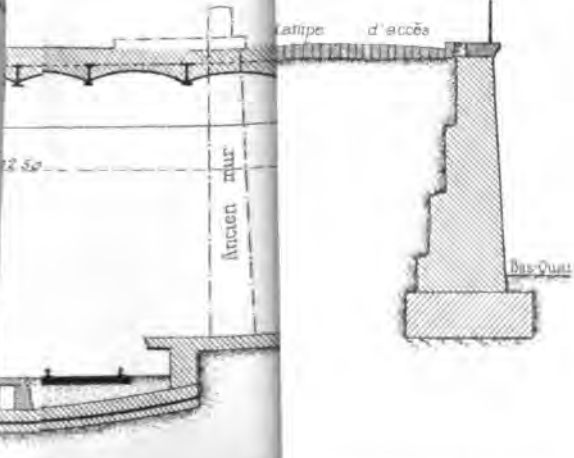


Fig 5.

e Gare de la place St-[illegible] St-Bernard



MÉMOIRES

ET

COMPTE RENDU DES TRAVAUX

DE LA

SOCIÉTÉ DES INGÉNIEURS CIVILS DE FRANCE

BULLETIN

D'OCTOBRE 1899

N° 10

Sommaire des Séances du mois d'octobre 1899 :

1° *Absence de protection légale pour les dessins et modèles industriels fabriqués à l'étranger, notamment pour les Français qui y sont établis et les dangers de cette situation au point de vue de l'Exposition de 1900*, par MM. Assi et Genès et observations de MM. Casalonga, Dumont, Mesureur, Ch. Baudry, Badois (Séance du 6 octobre), page 386;

2° *Avre et de ses affluents et les sources en aval des pertes* (Les pertes de l'), par M. F. Brard et observations de MM. Ferray, Badois, Doniol, Hubou, Dumont et Boursault (Séance du 20 octobre), page 391;

3° *Congrès des Sociétés savantes, fixé au 5 juin 1900* (38e) (Séance du 6 octobre), page 385;

4° *Décès* de MM. A. Andry, L.-A. Bezy, R. Bettig, A.-L. Boileau, M. Dony, G.-J.-Duca, E.-J. Laveissière, H.-Ch. Letourneau, A.-E. Levêque, L.-V. Lockert, Ed. Maure, E. Michaud, M.-J.-A. Michaud, P.-N. Petre, H. Simon, Th.-M.-A. Desbrière, F. Chabrier (Séances des 6 et 20 novembre), pages 383 et 390;

5° *Décorations* (Séances des 6 et 20 novembre), pages 384 et 390;

6° *Dons :*

De M. A. Loreau, d'une somme de 189 *f* (abandon de coupons échus);

De M. G. Canet, d'une somme de 236 *f* (abandon de coupons échus);

De M. F. Hérard, d'une série de volumes et ouvrages pour la bibliothèque;

De M. Edmond Riffard, d'une collection de bois provenant du Chaco (République Argentine) (Séance du 20 octobre), page 391;

7° *Exposition de 1900 :*

Nomination de M. E. Javaux comme membre du Comité d'installation de la classe 23 (Séance du 6 novembre), page 384;

8° *Ouvrages reçus* (séances des 6 et 20 novembre), pages 374, 384 et 391;

9° *Séance du 3 novembre reportée au 10 novembre* (Séance du 6 octobre), page 389 ;

10° *Transports en commun sur rails et sur routes*, par MM. L. Périssé et R. Godfernaux (Séance du 6 octobre), page 385;

Mémoires contenus dans le Bulletin d'octobre 1899 :

11° *Étude des pertes de l'Avre et de ses affluents et des sources en aval des pertes*, par M. F. Brard, page 397;

12° *Le Calcul des poutres en fer et ciment*, par M. F. Chaudy, page 487;

13° *L'Absence de protection légale pour les dessins et modèles industriels fabriqués à l'étranger, notamment par les Français qui y sont établis, et les dangers de cette situation au point de vue de l'Exposition de 1900*, par MM. Assi et Genès, page 497;

14° *Chroniques* nos 236 et 237, par M. A. Mallet, page 503 ;

15° *Comptes rendus*, — page 523 ;

16° *Informations techniques*, — page 533 ;

17° *Bibliographie :*

1re section. — *Distributions d'eau*, de M. G. Dariès, par M. E. Hubou, page 535;

1re section. — *Expériences nouvelles sur l'écoulement en déversoir*, de M. H. Bazin, Inspecteur général des Ponts et Chaussées, par M. E. Badois, page 556 ;

4e section. — *Notes et formules de l'Ingénieur*, de MM. Ch. Vigreux et Ch. Milandre, page 558;

5e section. — *Le Volta*, annuaire de renseignements sur l'électricité et les industries annexes, de M. C. Grollet, page 559;

18° *Planches* nos 222, 223 et 224.

Pendant le mois d'octobre 1899, la Société a reçu :

Chemins de fer et Tramways.

Flamache (A.), Huberti (A.) et Stévart (A.). — *Traité d'exploitation des chemins de fer*, par A. Flamache, A. Huberti et A. Stévart. *Tome quatrième. Locomotives. Traction. Freins (2e fascicule)* (grand in-8°, pages IX à XII, 245 à 450, et pl. XXVII à XXXVIII). Paris, Ve Ch. Dunod, 1899 (Don de l'Éditeur). 39125

Statistique des chemins de fer français au 31 décembre 1897. Documents divers. Première partie. Intérêt général (Ministère des Travaux publics. Direction des chemins de fer) (in-4° de VI-304 p.). Paris, Imprimerie Nationale, 1899. 39133

Chimie.

Labbé (H.). — *Essais des huiles essentielles*, par H. Labbé (petit in-8° de 188 p.) (Encyclopédie scientifique des aide-mémoire). Paris, Gauthier-Villars, Masson et Cie (Don de l'Editeur). 39180

Villon (A.-M.) et Guichard (P.). — *Dictionnaire de chimie industrielle contenant les applications de la chimie à l'industrie, à la métallurgie, à l'agriculture, à la pharmacie, à la pyrotechnie et aux arts et métiers*, par A.-M. Villon et P. Guichard. *Tomes deuxième et troisième. Fascicules 22-23.* Paris, Bernard Tignol (Don de l'Éditeur). 39177

Construction des machines.

Association Parisienne des propriétaires d'appareils à vapeur. Bulletin annuel. 24e exercice, 1898 (in-8° de 114 p.). Paris, Siège de l'Association, 1899. 39158

Association des Propriétaires d'appareils à vapeur du Nord de la France. Exercice 1898-1899. XVIe Bulletin (grand in-8° de 168 p. avec 4 pl.). Lille, L. Danel, 1899. 39234

Bertin (L.-E.). — *Machines marines. Cours de machines à vapeur professé à l'École d'application du Génie maritime*, par L.-E. Bertin (grand in-8° de 725 p. avec 398 fig.). Paris, E. Bernard et Cie, 1898 (Don de l'Éditeur). 39178

Compte rendu des séances du 22e Congrès des Ingénieurs en chef des Associations de Propriétaires d'appareils à vapeur tenu à Paris en 1898 (in-8° de 150 p. avec 19 pl.). Paris, E. Capiomont et Cie, 1899. 39159

Congrès annuels des Associations de Propriétaires d'appareils à vapeur. Tables des matières contenues dans les vingt premiers volumes (in-8° de 127 p.). Paris, E. Capiomont et Cie, 1899. 39160

Cuénot et Mesnager. — *L'automobilisme sur route, au triple point de vue du moteur, du véhicule et de la circulation*, par MM. Cuénot et Mesnager (Association Française pour l'Avancement des sciences. Congrès de Boulogne-sur-Mer, 1899. Rapport présenté à la quatrième section, Génie civil et militaire) (in-8° de 26 p.). Paris, Au Secrétariat de l'Association, 1899. 39166

Dejust (J.). — *Machines à vapeur et machines thermiques diverses*, par J. Dejust (in-16 de VIII-600 p. avec 407 fig.) (Bibliothèque du Conducteur de Travaux publics). Paris, Ve Ch. Dunod, 1899 (Don de l'Éditeur). 39169

PERÉNYI (A.). — *Anleitung zur Beurtheilung und Bestimmung der Brunnen-Ergiebigkeit und zur rationellen Ausnützung der Ergiebigkeit von Pumpen-Anlagen*, von Alexander Perényi (in-8° de 60 p. avec 10 fig.). Wien, A. Hartleben, 1899 (Don de l'Éditeur). 39224

The Manchester Steam Users' Association. Established 1854. Memorandum by Chief Engineer presented at the Annual Meeting of the General Body of the Members, held on Tuesday, May 2nd 1899 (in-8° de 61 p.). Manchester, Taylor, Garnett, Evans and C°, 1899. 39163

Économie politique et sociale.

Associations professionnelles et ouvrières. Tome I. Agriculture. Mines. Alimentation. Produits chimiques. Industries polygraphiques (grand in-8° de IV-805 p.) (République Française. Ministère du Commerce, de l'Industrie, des Postes et des Télégraphes. Office du Travail). Paris, Imprimerie Nationale, 1899. 39167

Chambre de commerce de Rouen. — Compte rendu des travaux pendant l'année 1898 (petit in-4° de 556 p. avec 1 pl.). Rouen, Imprimerie du Nouvelliste, 1899. 39148

Compagnie générale des Omnibus de Paris. Assemblée générale ordinaire de 1898. Rapports du Conseil d'administration et de la Commission de la comptabilité sur les comptes de l'exercice 1898 (in-4° de 23 p. avec 20 tabl.). Paris, Maulde, Doumenc et C^ie^, 1899. 39238

Notice sur la Tunisie, à l'usage des émigrants (Régence de Tunis, Protectorat français. Direction de l'Agriculture et du Commerce) (in-8° de 35 pages avec 1 carte). Tunis, J. Picard et C^ie^, 1897 (Don de M. J. Carimantrand, M. de la S.). 39151

Régence de Tunis. Bulletin de la Direction de l'Agriculture et du Commerce. N^os^ 1, 2, 3, 4, 5 et 7. Première année 1896 à troisième année 1898 (Manque le Bulletin n° 6). Tunis, Louis Nicolas et C^ie^ (Don de M. J. Carimantrand, M. de la S.). 39152 à 39157

Tableau général du commerce et de la navigation. Année 1898. Premier volume. Commerce de la France avec ses colonies et les puissances étrangères (République Française. Direction générale des Douanes) (grand in-4° de 792 p.). Paris, Imprimerie Nationale, 1899. 39230

Électricité.

BAST (O. DE). — *Recherche élémentaire des relations entre les grandeurs électriques dans les circuits parcourus par des courants alternatifs*, par Omer de Bast (Extrait du Cours d'Électricité de l'Ecole industrielle de Liège, publié dans le tome X du Bulletin de l'Association des ingénieurs-électriciens sortis de l'institut électro-technique Montefiore) (grand in-8° de 88 p.). Liège, Léon de Thier, 1899 (Don de l'Auteur). 39182

GUARINI-FORESIO (E.). — *Télégraphie électrique sans fil. Répétiteurs*, par Émile Guarini-Foresio (in-8° de 16 p. avec deux annexes). Liège, Henri Poncelet, 1899 (Don de l'Auteur). 39128

GUARINI-FORESIO (E.). — *Transmission de l'énergie électrique par un fil et sans fil (par l'éther)*. Application du système aux communications téléphoniques et télégraphiques et aux signaux électriques en général, pour obtenir la suppression du retour par la terre ou par un autre conducteur métallique, ou la complète suppression des fils, par Émile Guarini-Foresio (in-8° de 50 p.). Liège, Henri Poncelet, 1899 (Don de l'Auteur). 39127

MINET (Ad.). — *Analyses électrolytiques*, par Ad. Minet (Encyclopédie scientifique des aide-mémoire) (petit in-8° de 176 p.). Paris, Gauthier-Villars, Masson et C^ie^ (Don de l'Éditeur). 39126

Enseignement.

Annual Calendar of Mac Gill College and University, Montreal. Session 1899-1900 (in-8° de XXIV-374 p.). Montreal, John Lowell and Son, 1899. 39184

JOURDAN (Ed.) et DUMONT (G.). — *Les Écoles de commerce en Allemagne et en France*, par Ed. Jourdan et G. Dumont (in-8° de 40 p.). Paris, Nony et C^ie^, 1899 (Don de deux exemplaires par M. Dumont, M. de la S.). 39179

LAMBEAU (L.). — *Ville de Paris. Monographies municipales. L'Enseignement professionnel à Paris. Troisième volume, de 1892 à 1895.* Recueil annoté publié suivant la décision du Conseil, par L. Lambeau (grand in-8° de XVI-2392 p.). Paris, Imprimerie municipale, 1899 (Don de M. L. Périssé, M. de la S.). 39237

University of the State of New-York. New-York State Museum. Forty-ninth Annual Report of the Regents 1895. Vol. 2. Report of State Geologist and field Assistants (in-4° de 738 p.). Albany, University of the State of New-York, 1898. 39170

Géologie et sciences naturelles diverses.

Eighteenth Annual Report of the United States Geological Survey to the Secretary of the Interior, 1896-97. Parts I, III and IV (3 vol. grand in-8°). Washington, Government Printing Office, 1897, 1899. 37135 à 39137

Nineteenth Annual Report of the United States Geological Survey to the Secretary of the Interior, 1897-1898. Parts. I, IV, VI and VI continued (4 vol. grand in-8°). Washington, Government Printing Office, 1897, 1899. 39138 à 39142

Législation.

XXX. *Adressverzeichnis der Mitglieder der Gesellschaft ehemaliger Studierender der Eidg. polytechnischen Schule in Zürich. Herausgegeben im Auftrage des Vorstandes im Juli 1899* (in-8° de XI-52 p.). Zürich, Emil Cotti's Woe, 1899. 39161

Anhang zum XXX. Adressverzeichnis der Gesellschaft ehemaliger Studierender des Eidgenössischen Polytechnikums in Zürich, Mai 1899 (in-8° de 44 p.). 39162

PESCE (G.-L.). — *De la protection des œuvres scientifiques*, par G.-L. Pesce (in-8°, pages 19 à 24 de l'Association littéraire et artistique internationale, 21e session. Congrès d'Heidelberg, du 23 au 30 septembre 1899) (Don de l'auteur, M. de la S.). 39227

Rules and List of Members of the Iron and Steel Institute. Established 1869 (in-8° de CVII p.). London, Published at the Offices of the Institute, 1899. 39132

The Institution of Electrical Engineers, late the Society of Telegraph Engineers and Electricians. Founded 1871. Incorporated 1883. List of Officers and Members. Corrected to June 30 th. 1899. London, Institution of Electrical Engineers, 1899. 39130

Verein Deutscher Ingenieure. Mitgliederverzeichnis 1899 (in-16 de 312 p.). Berlin, 1899. 39150

Western Society of Engineers. Constitution, By-Laws, List of Officers and Members. July 1899 (in-8° de 48 p.). Chicago. 39123

WISE (W. L.). — *Association internationale pour la protection de la Propriété industrielle. Congrès de Zurich, 1899. Examen préalable des demandes de brevets d'invention*, par W. Lloyd Wise (une feuille in-4° de 4 p.) (En anglais, français, allemand). London, Bedford Press, 1899 (Don de l'Auteur). 39183

Médecine. — Hygiène. — Sauvetage.

THOINOT. — *La fièvre typhoïde à Paris, de 1870 à 1899. Rôle actuel des eaux de sources*, par M. Thoinot (Extrait des Bulletins et Mémoires de la Société médicale des Hôpitaux, séance du 30 juin 1899) (in-8° de 25 p. avec 14 fig.). Paris, Masson et Cie, 1899 (Don de l'auteur). 39124

Métallurgie.

DUTREUX (A.). — *Utilisation directe des gaz des hauts fourneaux dans les moteurs à explosion*, par Aug. Dutreux (Extrait du Génie Civil, 26 août 1899) (in-8° de 8 p.). Paris, Chaix, 1899 (Don de l'auteur, M. de la S.). 39228

DUTREUX (A.). — *Utilisation directe des gaz des hauts fourneaux dans les moteurs à explosion*, par Auguste Dutreux (Extrait du Mois scientifique et industriel, juin 1899) (in-8° de 4 p.). Paris, Société Française d'Imprimerie et de Librairie (Don de l'Auteur, M. de la S.). 39229

Mines.

ROTHWELL (R.-P.). — *The Mineral Industry, its Statistics, Technology and Trade, in the United States and other Countries to the end of 1898.* Edited by Richard P. Rothwell. Vol. VII. Supplementing I to VI (grand in-8° de XXVIII-982 p.). New-York, The Scientific Publishing Company, 1899. 39164

Navigation.

HERSENT (H. ET FILS). — *Port d'Anvers. Construction des nouveaux quais en amont d'Anvers (2 000 m de longueur).* H. Hersent et fils, entrepreneurs (in-8° de 20 p. avec 3 pl.). Paris, Imprimerie Chaix, 1899 (Don des auteurs Membres de la Société). 39231

Institute of Marine Engineers. Tenth Volume. Session 1898-1899 (petit in-8°). Strafford, Wilson and Whitworth. 39240

MAS (B. DE). — *Rapport présenté à la 3e section (navigation). Résistance au mouvement des corps flottants. Deuxième partie. La résistance au mouvement dans les canaux*, par B. de Mas (Association Française pour l'Avancement des Sciences. Congrès de Boulogne-sur-Mer, 1899) (in-8° de 10 p.). Paris, au Secrétariat de l'Association, 1899. 39134

SOMZÉE (L.) ET SOMZÉE (C.). — *Étude sur les moyens de prévenir les collisions en mer. État de la question. Août 1899*, par Léon de Somzée et Cosme de Somzée (grand in-8° de 39 p. avec 16 fig.). Paris, Émile Kapp, 1899 (Don des Auteurs, M. de la S.). 39171

Transactions of the Institution of Naval Engineers. Vol. XLI, 1899 (in-4° de XLIV-388 p. avec LXVIII pl.). London, Henry Sotheran, 1899. 39226

Sciences mathématiques.

BARR (A.). — *The application of the Science of Mechanics to Engineering Practice.* An Address delivered to the Students 13 January 1899, by Archibald Barr (The Institution of Civil Engineers). London, Published by the Institution, 1899. 39118

Sciences morales.

Bulletin du Comité de l'Afrique Française. Première année 1891 à sixième année 1896 (6 vol. petit in-4°). Paris, Comité de l'Afrique Française. 39142 à 39147

Chambre de Commerce de Lyon. La Mission Lyonnaise d'exploration commerciale en Chine, 1895-1897 (grand in-8° de XXXVI-473 p. avec cartes, plans et gravures, d'après les documents rapportés par la mission). Lyon, A. Rey et Cie, 1898 (Don de M. le Président de la Chambre de Commerce de Lyon). 39225

RAVENEAU (L.). — *Annales de géographie. Bibliographie de 1898. Huitième bibliographie annuelle*, publiée sous la direction de M. L. Raveneau. *Empire Russe* (Extrait du n° 41. Huitième année. 15 septembre 1899) (grand in-8° de 25 p.). Paris, Armand Colin et Cie, 1899 (Don de l'auteur). 39236

Technologie générale.

Association Française pour l'Avancement des Sciences. Compte rendu de la 27e session. Nantes 1898. Seconde Partie. Notes et Mémoires (grand in-8° de 966 p. avec 3 pl. et 1 carte). Paris, au Secrétariat de l'Association, 1899. 39110

Bericht über die aus Anlass des fünfzigjährigen Bestandes des Oesterrischischer Ingenieur-und Architekten-Vereines veranstalteten Festlichkeiten (grand in-4° de 56-LI p.). Wien, R. Spies und C°, 1899. 39170

Description des machines et procédés pour lesquels des Brevets d'invention ont été pris sous le régime de la loi du 5 juillet 1844, publiée par les ordres de M. le Ministre du Commerce et de l'Industrie. *Tome quatre-vingt-onzième (1re, 2e et 3e parties. (Nouvelle série)* (3 volumes grand in-8°). Paris, Imprimerie nationale, 1899. 39172 à 89174

Description des machines et procédés pour lesquels des brevets d'invention ont été pris sous le régime de la loi du 5 juillet 1844, publiée par les ordres de M. le Ministre du Commerce et de l'Industrie. *Tome quatre-vingt-douze, 1e et 2e Parties. Nouvelle série. Année 1894* (2 volumes grand in-8°). Paris, Imprimerie Nationale, 1899. 39232 et 39233

DURASSIER (L.). — *Exposition universelle de 1900. Groupe XVI. Économie sociale. Classe 101. Apprentissage; protection de l'enfance ouvrière. Rapport présenté au nom du Comité d'admission*, par Léon Durassier (Extrait du Bulletin de la Société de protection des apprentis et des enfants employés dans les manufactures) (in-8° de 40 p.). Paris, au Siège de la Société, 1899. 39122

Historical Sketch of the American Society of Civil Engineers 1852-1897, by Charles Warren Hunt (in-8° de 92-VI p. avec 36 photog.). New-York, 1897. 39149

LAHARPE (Cl. DE), VIGREUX (Ch.) ET MILANDRE (Ch.). — *Notes et Formules de l'Ingénieur, du Constructeur-Mécanicien, du Métallurgiste et de l'Électricien, de Cl. de Laharpe.* Par un Comité d'Ingénieurs, sous la direction de Ch. Vigreux et Ch. Milandre. 12° Édition (in-16 de XX-1478-XC p. avec 1130 fig.) (Bibliothèque technique). Paris, E. Bernard et Cie, 1900 (Don des Éditeurs). 39181

Minutes of Proceedings of the Institution of Civil Engineers. Vol. CXXXVI. 1898-1899. Part. II (petit in-8° de VII-487 p. avec 6 pl.). London, Published by the Institution, 1899. 39117

Minutes of Proceedings of the Institution of Civil Engineers. Vol. CXXXVII. 1898-1899. Part. III (petit in-8° de VII-551 p. avec 8 pl.). London, Published by the Institution, 1899. 39221

Repertorium der Technischen Journal-Litteratur. Herausgegeben im Kaiserlichen Patentamt. Jahrgang 1898 (grand in-8° de XLI-1051 p.). Berlin, Carl Heymanns. 39121

Société Industrielle de Mulhouse. Programme des prix proposés en assemblée générale le 21 mai 1899, à décerner en 1900 (in-8° de 64 p.). Mulhouse, Ve Bader et Cie, 1899. 39129

The Journal of the Iron and Steel Institute. Vol. LV. N° 1. 1899 (in-8° de XII-528 p. avec 21 pl.). London, E and F N. Spon, 1899. 39131

Travaux publics.

Annales des Ponts et Chaussées. 1re Partie. Mémoires et documents. 7e série. 9e année. 1899. 2e trimestre (in-8° de 330 p. avec pl. 12 à 18). Paris, Ve Ch. Dunod, 1899. 39175

Annual Report of the Chief of Engineers, United States Army to the Secretary of War, for the years 1886 to 1898 (34 vol. in-8° et 1 atlas in-4°). Washington, Government Printing Office (Don de M. D. Bellet, M. de la S.). 39186 à 39220

Dariès (G.). — *Distributions d'eau*, par Georges Dariès (in-16 de XII-566 p. avec 379 fig.) (Bibliothèque du Conducteur de Travaux Publics). Paris, Ve Ch. Dunod, 1899 (Don de l'Éditeur). 39168

Lucas (A.) et Lucas (Ch.). — *Société centrale des Architectes français. Manuel des lois du bâtiment. (Troisième Édition.) I. Essai sur la législation du bâtiment*, par Achille Lucas. — *II. Diverses classes d'architectes en Grèce et à Rome*, par Charles Lucas (grand in-8° de 31 p.). Paris, G. Delarue, 1899 (Don de M. Ch. Lucas, M. de la S.). 39232

Puech (A.). — *Filtration des eaux en grandes masses, système Armand Puech* (grand in-8° de 47 p. avec 1 pl.). Mazamet, Victor Carayol, 1898 (Don de l'auteur, M. de la S.). 39239

Report on the investigations into the Purification of the Ohio River Water for the Improved Water Supply of the City of Cincinnati, O. Made by the Board of Trustees, Commissioners of Waterwoorks (grand in-8° de 620 p. avec 12 pl.). Cincinnati, Commercial Gazette Job Print, 1899. 39223

Revista de Obras públicas. Año de 1899, 12 de Junio. Centenario de la creación del primer Cuerpo facultative de Caminos (grand in-4°). Madrid, 1899. 39120

Ribera (D.-J.-E.). — *La Asociación internacional para el ensayo de materiales de construccion en el Congresso de Stockolmo*, por Don José Eugenio Ribera (petit in-8° de 53 p.). Madrid, J.-A. Garcia, 1899 (Don de l'Auteur, M. de la S.). 39235

Ribera (D. J. E.). — *Estudio sobre los grandes viaductos*, por D. José Eugenio Ribera (grand in-8° de XVI-317 p. avec 52 tabl. et 30 pl.). (Biblioteca de la Revista de Obras públicas), Madrid, Revista de Obras públicas, 1897 (Don de l'Auteur, M. de la S.). 39165

Vacchelli (G.). — *Le costruzioni in calcestruzzo ed in cemento armato*, per l'Ing. Giuseppe Vacchelli (in-16 de XV-311 p. avec 210 fig.). (Manuali Hoepli). Milano, Ulrico Hoepli, 1900 (Don de l'Éditeur). 39185

Les Membres nouvellement admis pendant le mois d'octobre 1899. sont :

Comme Membres Sociétaires, MM. :

E. Alluchon,	présenté par MM.	Mesureur, Langlois, de Nansouty.
P.-L. Barbier,	—	Mesureur, Langlois, de Nansouty.
F. Cany,	—	Dumont, Canet, Badois.
J.-B.-A.-L. Contrestin,	—	Ducloux, Guédon, Minuit.
L. Garreau,	—	Dumont, Guillon, Baudry.
A.-L.-C. Guetin,	—	Cattaui-Bey, Faget, Ventre-Pacha.
G. Lambiotte,	—	Dumont, Badois, Lencauchez.
M.-M.-L.-J.-B. Maurel,	—	Boileau, L. Rey, de Tedesco.
A. de Morsier,	—	Barbey, Cousin, de Perrodil.
H.-H. Suplee,	—	P. Roux, Seemuller, J. Smith.
A.-A.-F. Vandesmet,	—	Dumont, Baudry, Badois.
A.-P.-A. Vang,	—	Dumont, Baudry, Nillus.
M. le Président de la Société des Ingénieurs civils de Brescia,	—	Dumont, Canovetti, H. Chevalier.

RÉSUMÉ

DES

PROCÈS-VERBAUX DES SÉANCES

DU MOIS D'OCTOBRE 1899

PROCÈS-VERBAL

DE LA

SÉANCE DU 6 OCTOBRE 1899

PRÉSIDENCE DE M. G. DUMONT, PRÉSIDENT.

La séance est ouverte à huit heures trois quarts.

Le procès-verbal de la dernière séance est adopté.

M. LE PRÉSIDENT a le regret de porter à la connaissance de la Société les décès de plusieurs de ses Membres; ce sont MM. :

A. Andry, Membre de la Société depuis 1850, ancien élève de l'École des Arts et Métiers de Châlons (1841); a été Directeur des Ateliers de construction de machines du grand Horme, près Mons; puis Directeur des Ateliers de construction de Boussu, près Mons;

L.-A. Bézy, Membre de la Société depuis 1879, ancien élève de l'École des Arts et Métiers d'Angers (1858); a été Ingénieur des Ateliers de la Compagnie Générale des Voitures, Ingénieur expert;

R. Bettig, Membre de la Société depuis 1896, gérant de la succursale de la maison John M. Sumner et Cie, Ingénieurs à Manchester, Membre associé de l'Institution of Mechanical Engineers de Londres;

A.-L. Boileau, Membre de la Société depuis 1897, industriel, titulaire de divers brevets pour la fabrication de divers produits calorifuges.

M. Dony, Membre de la Société depuis 1880, ancien élève de l'École Centrale (1844); a été Ingénieur de la Société anonyme de Produits chimiques agricoles, à Bordeaux;

G.-J. Duca, Membre de la Société depuis 1880, ancien élève de l'École Centrale (1869), Membre correspondant de la Société en Roumanie, Directeur des travaux du port de Contantza, Officier de la Légion d'honneur;

E.-J. Laveissière, Membre de la Société depuis 1867, ancien élève de l'École des Mines (1856), métallurgiste, Chevalier de la Légion d'honneur;

H.-Ch. Letourneau, Membre de la Société depuis 1898, ancien élève de l'École des Arts et Métiers d'Angers (1889) et de l'Ecole Centrale (1893); a été Ingénieur de la maison Muller et Roger, Directeur général de la Société des mines d'or de Bong-Miu.

A.-E. Levêque, Membre de la Société depuis 1875, ancien élève de l'Ecole Centrale (1864); a été Ingénieur aux travaux du port de Smyrne. Ingénieur-Architecte de la ville d'Alger, Ingénieur en chef des travaux maritimes du Gouvernement Chilien, Ingénieur en chef intéressé dans l'entreprise du bassin de radoub de Talcahuano (Chili), Ingénieur civil;

L.-V. Lockert, Membre de la Société depuis 1875, ancien élève de l'École centrale (1866); a été Ingénieur-Conseil en matière de vélocipédie et voitures automobiles, rédacteur en chef du Journal *Le Chauffeur*;

Ed. Maure, Membre de la Société depuis 1858, ancien élève de l'École Centrale (1848); a été Ingénieur à la Compagnie des Chemins de fer du Dauphiné, où il a construit la ligne de Saint-Rambert à Grenoble, et fait les avant-projets d'autres lignes; a été Ingénieur fondé de pouvoirs des Etablissements Cail, où il s'est occupé notamment de l'établissement de nombreuses fabriques de sucre et de la fourniture d'importantes commandes de machines, principalement pour les compagnies de chemins de fer; Ingénieur à la Compagnie électrique, Ingénieur-expert près les Cours et Tribunaux, censeur de la Compagnie d'assurances « La Confiance ».

Émile Michaud, Membre de la Société depuis 1882, ancien élève de l'École Centrale (1876); s'est occupé de métallurgie comme Ingénieur d'une usine affectée au traitement des minerais de cuivre, de nickel et de plomb, Ingénieur principal de la fonderie de Penarroya (Espagne);

M. J.-A. Michaud, Membre de la Société depuis 1897, ancien élève de l'École Centrale (1889); a été attaché à la savonnerie de MM. Michaud, à Aubervilliers.

P.-N. Petre, Membre de la Société depuis 1849; a été chef des ateliers au Chemin de fer de Saint-Étienne à Lyon, Ingénieur à la Compagnie des Fonderies et Forges de la Loire et de l'Ardèche, ancien secrétaire de la Compagnie du bassin d''Aubin;

H. Simon, Membre de la Société depuis 1867, ancien élève de l'Ecole polytechnique fédérale suisse (1858) (une notice nécrologique sur M. Simon est insérée au Bulletin d'août).

M. le Président fait connaître les décorations et nominations suivantes :

Chevalier de la Légion d'honneur : M. P. Wallerstein;

Officier d'académie : M. L.-G. Worms.

M. E. Javaux a été nommé membre du Comité d'installation de la classe 23, à l'Exposition universelle de 1900.

M. le Président adresse les félicitations de la Société à nos collègues.

M. le Président annonce que pendant les vacances, du 21 juillet au 6 octobre, une assez grande quantité d'ouvrages ont été remis à la Biblio-

thèque; on en trouvera la liste à la fin du procès-verbal par spécialités. Il signale le *Manuel des Lois du Bâtiment* (3e édition), par MM. Lucas, architectes et attire particulièrement l'attention sur le volume intitulé : *La Mission Lyonnaise d'Exploration Commerciale en Chine* (1895-1897) qui a été offert par la Chambre de Commerce de Lyon; un compte rendu complet en sera fait au Bulletin.

M. LE PRÉSIDENT annonce que la date d'ouverture du 38e Congrès des Sociétés savantes est fixée au 5 juin 1900, il aura lieu à la Sorbonne; le programme du Congrès est à la disposition des Membres de la Société, à notre Secrétariat.

L'ordre du jour appelant la communication de MM. L. Périssé et R. Godfernaux sur les *Transports en commun sur rails et sur routes*, M. le Président indique qu'il lui a paru intéressant de demander à nos Collègues de reprendre l'étude de cette intéressante question au point où M. de Marchena l'avait amenée en 1895; c'est dans cet ordre d'idées que la communication de ce soir a été préparée.

M. L. PÉRISSÉ présente un résumé rapide des questions étudiées dans le mémoire qu'il a rédigé en collaboration avec M. Raymond Godfernaux sur la question très importante et toute d'actualité des transports en commun. Ceux-ci se divisent en deux grandes classes : les transports sur rails par tramways à traction mécanique et les transports sur routes au moyen de véhicules automobiles lourds.

La première partie du mémoire passe en revue tous les tramways à traction mécanique qui sont groupés en quatre classes :

Première classe : Véhicules producteurs d'énergie. — 1° Locomotives ordinaires employées à la traction des tramways, par exemple celles qui font le service du chemin de fer de Paris à Arpajon et du tramway de Paris à Saint-Germain au delà de Courbevoie, etc.;

2° Automotrices Rowan employées par la Compagnie générale des Omnibus, à Paris;

3° Automotrices Serpollet employées également à Paris;

4° Automotrices Purrey, nouveau type adopté par la Compagnie générale des Omnibus, en construction pour les nouvelles lignes à traction mécanique.

Deuxième classe : Véhicules accumulateurs d'énergie. — Dans un chapitre préliminaire ont été étudiés les différents organes d'un tramway électrique : électromoteurs, suspensions, transmissions, châssis, caisses, etc. Pour compléter l'étude de la traction électrique, un chapitre a été consacré à l'étude des courants polyphasés et à l'installation des usines génératrices.

Les différents véhicules de la deuxième classe sont les suivants :

1° Tramways électriques à accumulateurs : batteries interchangeables, batteries à charge rapide;

2° Locomotives à vapeur sans foyer, système Francq, type Poissy à Saint-Germain, avec réchauffeur au coke;

3° Tramways à air comprimé, système Mekarski et autres;

4° Tramway à gaz de ville comprimé.

Troisième classe : Véhicules récepteurs d'énergie, qui comprend : d'une part, les tramways à canalisation électrique, soit aérienne, soit souterraine, soit par contacts à fleur de sol (systèmes Claret-Vuilleumier et Diatto), d'autre part, les tramways funiculaires.

Quatrième classe : Véhicules mixtes électriques par accumulateurs et trolley, par canalisation mixte (aérienne et souterraine ou par contacts). Traction électrique sur fortes rampes.

Dans un dernier chapitre, les auteurs ont donné quelques indications résumées sur le prix de revient de la traction mécanique à Paris.

Dans la deuxième partie du Mémoire, MM. L. Périssé et R. Godfernaux ont étudié les services publics par automobiles sur routes montrant que ces services existaient réellement en divers points de la France. Ils ont donné une description sommaire des différents véhicules employés et ont indiqué les bases de calcul des prix de revient des automobiles pour les transports en commun.

M. le Président, après avoir remercié les auteurs du travail présenté ce soir sur la question importante des transports mécaniques, demande si quelques-uns de nos Collègues veulent passer à la discussion. Quant à lui, il lui semble que cette intéressante communication doit servir de base à une discussion qui pourra être des plus utiles. Pour cela, le Bureau examinera s'il y a lieu de faire imprimer de suite le mémoire de MM. Périssé et Godfernaux pour qu'il soit distribué en épreuves, c'est-à-dire avant l'apparition du Bulletin, aux personnes qui désireraient prendre part à la discussion ; de la sorte celle-ci ne se trouvera pas reculée à une séance trop éloignée.

M. le Président demande donc à ceux de nos Collègues que la question intéresse de bien vouloir faire connaître leur nom au Secrétariat de la Société dès la réception du présent procès-verbal. On pourrait ainsi fixer probablement la discussion de la communication à un mois.

L'ordre du jour appelle la communication de MM. Assi et Genès sur l'*absence de protection légale pour les dessins et modèles industriels fabriqués à l'étranger, notamment pour les Français qui y sont établis et les dangers de cette situation au point de vue de l'Exposition de 1900*. La parole est donnée à M. Genès.

M. Genès appelle l'attention de la Société sur la situation des fabricants français ou étrangers qui, n'ayant pas de fabrique en France, y déposent leurs dessins ou modèles industriels pour pouvoir en revendiquer la propriété conformément à la loi de 1806.

Jusqu'à présent, en combinant les textes législatifs qui régissent la matière, — loi de 1806, ordonnance royale de 1825, décret de 1861, loi de 1873, — et en tenant compte surtout des conventions internationales et notamment de la convention d'union de 1883, on admettait que l'auteur d'un dessin ou modèle, s'il ne possédait pas de fabrique en France, n'avait qu'à faire son dépôt au Conseil des prud'hommes de Paris, conformément au décret de 1861, pour jouir de la protection instituée par la loi de 1806, à la seule condition que le pays d'origine du dessin protège les dessins et modèles français.

Un arrêt de la Cour de Paris, rendu le 20 mai 1898, est venu dire exactement le contraire ; s'en tenant à la rigueur des termes de la loi de 1806 et sans tenir compte du décret de 1861 qu'elle considère comme devenu caduc, la Cour a décidé que la possession d'une fabrique en France était la condition *sine qua non* de la validité du dépôt et, par conséquent, de la protection du modèle.

Cet arrêt a provoqué une grande émotion dans les milieux industriels, particulièrement à l'étranger, et la menace a été faite et publiée par certains pays de ne pas apporter à l'Exposition universelle de 1900 des modèles qui, ne pouvant jouir d'aucune protection, ne feraient que servir à inspirer les contrefacteurs. Cette crainte est peut-être mal justifiée puisque le modèle, s'il est intéressant, sera mis dans le commerce et qu'une fois dans le commerce, il pourra être aussi facilement copié n'importe où qu'à l'Exposition ; mais, quel qu'en soit le mobile, — crainte ou désir de représailles — la menace n'a pas moins été lancée et il est certain que si elle était mise à exécution, l'abstention de certains pays grands créateurs de modèles nouveaux ne pourrait que causer un grand tort à l'Exposition.

A la vérité, la jurisprudence de la Cour de Paris, n'a pas été sanctionnée par la Cour de cassation qui, saisie, n'a pu statuer à cause de l'omission d'une formalité; mais le fait seul que la première Cour d'appel de France, confirmant un jugement du tribunal de la Seine, ait pu décider dans le sens que nous venons d'indiquer, montre combien les textes existants sont incomplets, incohérents et peu clairs, puisque jusqu'alors on avait toujours cru, compris et voulu le contraire de ce que la *res judicata* proclame la vérité.

On peut bien, en effet, concevoir un système dans lequel toute protection serait refusée aux dessins et modèles provenant de l'étranger; mais il nous semble certain que ce n'est pas ce régime-là que la France désire voir exister chez elle.

Que faudrait-il donc faire pour remettre les choses en place?

La question a été examinée déjà; à la dernière Assemblée plénière du Syndicat des Ingénieurs-Conseils à laquelle assistaient ses membres adhérents qui comprennent la plupart des jurisconsultes spécialistes en matière de propriété industrielle, MM. Assi et Genès ont proposé et vu adopter un vœu tendant à ce qu'un article additionnel précis, réglant ce point spécial fût annexé à la loi de 1806. Ils ont même proposé d'introduire dans cet article une clause de stricte réciprocité en ce qui concerne non seulement le principe de la protection mais aussi les conditions imposées pour la conservation du privilège. L'Assemblée a cru devoir ne pas adopter cette clause restrictive et s'en tenir aux conditions plus libérales des traités existants. Cela vient à l'appui de la remarque faite plus haut relativement au désir qui règne en France de protéger largement les dessins étrangers.

Le Congrès tout récent de l'Association internationale pour la protection de la propriété industrielle a, de son côté, émis le vœu que la convention précitée de 1883 fût modifiée de manière à faire disparaître toute ambiguïté de son texte.

Quant à l'Administration française, on a le regret de constater que

jusqu'à présent elle n'a rien fait, comptant, a-t-elle dit, sur l'efficacité d'un projet de loi spécial déposé à l'occasion de l'Exposition de 1900. Or, ce projet de loi, répétition de lois antérieures relatives aux expositions précédentes, se borne à assurer la protection des objets exposés pendant la durée de l'Exposition et trois mois après sa clôture; ce n'est pas là que l'exposant trouvera le moyen de s'assurer par la suite la protection dont il a besoin. Il semble donc que l'Administration, avant de faire une réponse de ce genre, aurait pu étudier plus complètement cette question qui ne manque pas de gravité.

D'une manière générale d'ailleurs, il serait bien désirable de voir l'Administration d'une part et le législateur d'autre part, attacher plus d'importance aux questions multiples qui touchent à la garantie industrielle et seconder mieux les efforts qui sont faits de toutes parts pour remédier aux défectuosités de nos lois.

L'Association Internationale et l'Association Française, créée récemment pour l'amélioration du régime de la propriété industrielle au point de vue des intérêts français, le Syndicat des Ingénieurs-Conseils, ne cessent de faire des démarches auprès des pouvoirs publics qui restent inertes alors que tous les pays, peut-on dire, ont modifié, amélioré et modernisé leur législation dans ces dernières années.

C'est ainsi qu'en matière de dessins et modèles, la France en est encore au décret de 1806, rendu par Napoléon au profit de la seule fabrique lyonnaise, et relatif aux seuls dessins de soierie : il a donc fallu beaucoup de bonne volonté aux tribunaux pour faire rentrer dans ses prévisions un modèle de grille de foyer, de chaine de montre ou de tire-bouchon.

L'arrêt de 1898 montre qu'imagination et bonne volonté ont leurs intermittences, et il semble qu'il serait grand temps que les intéressés — au premier rang desquels sont les industriels membres de la Société — fassent comprendre à l'autorité compétente que notre législation et surtout l'organisation des services doivent être mises enfin en harmonie avec les besoins actuels de l'industrie et du commerce.

Sans insister sur la solution qu'ils ont proposée au Syndicat des Ingénieurs-Conseils, MM. Assi et Genès voudraient voir l'Administration examiner sérieusement la situation, et si réellement les lois françaises sont insuffisantes, ne pas hésiter à faire franchement le nécessaire et... le faire en temps utile.

M. Casalonga demande que la Société exerce une certaine action près de l'Administration pour remédier d'urgence aux questions exposées par MM. Assi et Genès, d'autant plus que l'un de ses vice-présidents est à la tête de l'Association française pour la protection de la propriété industrielle.

M. le Président fait remarquer que, d'après ses statuts (art. 12), et, d'après son règlement (art. 46), la Société ne peut se livrer à des démarches officielles que dans certaines conditions. La communication de MM. Assi et Genès n'en a pas été moins intéressante, et tous nos Collègues peuvent faire leur profit de points signalés à leur attention sur cette question des modèles de fabrique.

M. J. Mesureur pense que la Société représentée par son Bureau pour-

rait faire une démarche auprès de M. le Ministre du Commerce et de l'Industrie ; pour cela, cependant, il faudrait que le Mémoire de MM. Assi et Genès proposât une solution.

M. Genès indique que le Ministre a reçu notamment du Syndicat des Ingénieurs-Conseils des vœux précis à ce sujet et qu'il s'agirait d'appuyer ces vœux, qui sont de véritables solutions proposées, de l'autorité de la Société des Ingénieurs Civils de France.

M. Assi appuie cette solution indiquant l'intérêt qu'il y a à compléter de suite la législation des modèles en vue de l'Exposition Universelle de 1900.

M. Casalonga insiste sur l'urgence qu'il y a d'adopter une solution.

M. Ch. Baudry ne voit pas en quoi l'approche de l'Exposition donne un caractère d'urgence à la question ; l'envoi d'un modèle à l'Exposition ne pouvant compromettre la propriété du fabricant plus que ne le ferait la mise en vente d'objets de ce modèle.

M. Genès explique qu'avec l'interprétation actuelle de la législation, les étrangers peuvent refuser d'exposer leurs modèles à Paris, ce qui sera très regrettable ; il y a là un danger d'abstention, et les démarches sollicitées ont pour but de prévenir ces abstentions.

M. le Président rappelle l'article 12 des Statuts qui ne semble pas permettre au Bureau de faire une démarche près des Pouvoirs publics sans être certain qu'il est le mandataire de toute la Société. La question a été posée ce soir, elle doit être renvoyée à l'examen du Comité.

M. Badois insiste sur la nécessité d'avoir un programme de propositions étudiées à soumettre au Ministre, car ce n'est pas à la Société des Ingénieurs Civils de proposer des lois. Il lui paraît que la remise au Ministre d'un extrait du travail de MM. Assi et Genès appellera suffisamment l'attention sur la question sans engager outre mesure la Société.

M. Ch. Baudry fait remarquer que la Société n'a pas été saisie d'une proposition ferme et qu'elle n'en a pas délibéré. Dans ces conditions, son bureau ne se trouve pas suffisamment autorisé à faire en son nom la démarche demandée par M. Casalonga.

M. Genès répond que s'il est vrai que le danger invoqué peut ne pas être réel, il n'en servira pas moins de prétexte à une abstention qui ne saurait être que préjudiciable à l'éclat de l'Exposition.

M. le Président résume la question et demande à MM. Assi et Genès d'adresser un rapport sur la question au Bureau et au Comité, la Société sera heureuse de faire, dans la limite de ses Statuts, une démarche utile à l'industrie. Il remercie MM. Assi et Genès d'avoir soulevé cette question.

M. le Président annonce que la séance indiquée pour le 3 novembre a été reportée au 10 novembre. Il donne quelques indications sur les améliorations apportées à l'installation de la salle des séances.

Il est donné lecture, en première présentation, des demandes d'admission de MM. J.-B.-A.-L. Contrestin, L. Garreau, A.-L.-E. Guetin, A.-M.-L.-J.-B. Maurel, A. de Morsier, A.-A.-F. Vandesmet, A.-P.-A. Vang et M. le Président de la Société des Ingénieurs Civils de Brescia, comme Membres Sociétaires.

MM. E. Alluchon, P.-L. Barbier, F. Cany, G. Lambiotte, H.-H. Suplee, sont reçus Membres Sociétaires.

La séance est levée à 11 heures un quart.

Le Secrétaire,
L. Périssé.

PROCÈS-VERBAL

DE LA

SÉANCE DU 20 OCTOBRE 1899

Présidence de M. G. Dumont, Président.

La séance est ouverte à huit heures trois quarts.

Le procès-verbal de la dernière séance est adopté.

M. le Président a le regret de porter à la connaissance de la Société les décès de deux de ses membres; ce sont MM. :

Th.-M.-A. Desbrière (Lesieure), Membre de la Société depuis 1858, ancien élève de l'École Polytechnique et de l'École des Mines, Administrateur de la Compagnie des Chemins de fer de l'Ouest et de la Compagnie du Canal de Suez, Chevalier de la Légion d'honneur;

F. Chabrier, Membre de la Société depuis 1872, a été Administrateur d'établissements agricoles à la Réunion et Directeur d'usines pour la fabrication du sucre.

M. le Président a le grand plaisir d'annoncer plusieurs distinctions décernées à l'occasion de la terminaison de la ligne de Chemin de fer de Sfax à Gafsa que M. Rey a décrite devant la Société d'une façon si complète. Plusieurs de nos Collègues qui ont participé à ces importants travaux viennent d'être nommés dans l'ordre du Nicham Iftikar :

MM. Dollfus-Galline et Molinos ont été nommés grands-officiers;
M. Louis Rey, commandeur;
M. Boileau, officier;
M. Lucien Rey, chevalier;
M. Bursaux a été nommé officier d'académie.

M. LE PRÉSIDENT est heureux de faire connaître que M. A. Loreau a fait abandon à la Société du montant des coupons qui lui étaient dus à ce jour, soit une somme de 189 *f.*

M. G. Canet a fait également don du montant des coupons qui lui étaient dus, soit une somme de 226,60 *f.*

M. F. Hérard a fait don d'une série de volumes et ouvrages provenant de la bibliothèque de son père.

M. LE PRÉSIDENT remercie nos Collègues au nom de la Société.

M. LE PRÉSIDENT signale, parmi les ouvrages reçus, un catalogue très complet de la maison Siemens et Halske, de Berlin, offert à la Bibliothèque par notre Collègue M. Horn.

M. LE PRÉSIDENT annonce que M. Edmond Riffard a fait don à la Société d'une collection d'échantillons de bois provenant du Chaco (République Argentine), et que notre Collègue se propose de nous présenter une série de documents sur les propriétés et les usages de ces différents bois.

M. LE PRÉSIDENT, avant de donner la parole à M. F. Brard pour sa communication sur *les pertes de l'Avre et de ses affluents et les sources en aval des pertes*, remercie les spécialistes Ingénieurs et hygiénistes, qui ont bien voulu se rendre ce soir à l'invitation qui leur avait été adressée, et les prie, après qu'ils auront entendu M. Brard, de faire connaître leurs observations, s'ils en ont à présenter.

M. F. BRARD commence par un exposé général de la question ; il rappelle les expériences et publications de M. Ferray, la note rédigée en 1888 par M. Humblot, alors Ingénieur en Chef des Eaux de la Ville de Paris, le rapport présenté en 1890 par notre collègue M. Berger, l'ouvrage de M. Martel sur les abîmes, les recherches de M. Schloesing sur la nitrification, la note publiée par la Commission envoyée aux sources de l'Avre en février 1899 et les études récentes dues à M. Thoinot.

Il aborde ensuite l'étude géologique du terrain compris entre la ligne de séparation des eaux de l'Avre et de l'Iton, et des régions arrosées par les ruisseaux de Lamblore, affluent de la Vigne, et de la Meuvette, affluent de l'Avre ; il passe en revue les résultats fournis par l'examen des puits à eau de l'argile à silex, des puits à marne, des bétoirs, des mardelles-entonnoirs, des terrains perméables et imperméables, du sous-sol des vallées et des sources ; cette étude lui permet d'établir des coupes géologiques et d'autre part de calculer la quantité de marne dissoute annuellement : cette quantité est considérable, ce qui explique la formation de vides souterrains, d'une importance telle qu'on peut dire que cette partie de la France est dans une période d'effondrement.

M. Brard décrit ensuite l'hydrographie de l'Avre et des nombreux ruisseaux qui, avec la rivière de la Vigne, constituent ses affluents, puis il passe à l'examen du sous-sol des vallées et à l'étude des bétoirs et des sources ; cette étude montre que la proportion de l'eau absorbée par les bétoirs et les terrains imperméables, c'est-à-dire engouffrée dans le sous-sol, est très supérieure à 50 0/0. Vient ensuite l'exposé détaillé des

expériences de coloration des sources de la Vigne faites par M. Ferray, pharmacien à Évreux. Il en résulte ce fait qu'*il y a communication entre les eaux des sources et les eaux des bétoirs.*

Le remède est d'oblitérer les bétoirs ; c'est ce qu'a fait en 1897 l'Administration des Ponts et Chaussées pour les bétoirs de la rivière d'Avre et de Saint-Maurice ; il faudrait également oblitérer les bétoirs qui existent dans les prairies.

La cinquième partie du mémoire de M. Brard traite de l'étude chimique et micrographique des eaux ; ces études rendent des services considérables ; en effet elles ont démontré que les eaux de l'Avre subissent des variations de composition considérables au moment des pluies, ce qui s'explique par le mélange aux eaux de sources des eaux de ruissellement ; à des pluies ne donnant que 3 *mm* d'eau correspond d'une façon absolument nette l'augmentation du nombre des microbes.

M. Brard fait voir que quelles que soient les sources, Vanne, Dhuys ou Avre, toutes les fois que les eaux sont troubles, il y a danger pour la santé publique, l'augmentation de matière organique et de bactéries atteignant alors son intensité ; en cas d'épidémie, les microbes inoffensifs ne seraient plus détruits et les microbes pathogènes pulluleraient.

Enfin M. Brard examine les critiques, les unes peu valables, les autres très justes, faites par la presse sur les eaux de l'Avre, et il conclut que puisque le développement récent des connaissances scientifiques de tous ordres montre que l'œuvre de captage accomplie il y a dix années est perfectible, on doit sans retard s'occuper de réaliser les améliorations qui permettront de diminuer les dangers d'épidémies.

M. le Président remercie M. Brard de la très intéressante et très remarquable étude qu'il vient de présenter et où il a réuni les résultats de longues et consciencieuses études.

Il demande si quelqu'un désire obtenir quelques explications complémentaires, apporter quelques renseignements nouveaux ou discuter les conclusions de M. Brard. Il invite en particulier M. Ferray, qui assiste à la séance, à parler de ses intéressantes études personnelles.

M. Ferray dit qu'à la suite de ses études sur la coloration des eaux au moyen de la fluorescéine, il conclut qu'il y a dans le sous-sol des vallées des courants absolument superposés alimentant, tantôt une source, tantôt une autre. Les expériences ont été faites sur la Rille et sur l'Iton ; M. Ferray a coloré la Rille dans les régions où elle présente des pertes, et il a constaté qu'au lieu de se montrer à la source la plus voisine, la source Roger, la matière colorante a passé au-dessous du courant alimentant cette source pour apparaître à 2 *km* plus loin, à la source du Souci.

Relativement à l'Iton, il y a un promontoire assez considérable séparant la vallée de cette rivière des sources de la Bonneville ; en faisant forer un puits de 50 *m*, M. Ferray a retrouvé la rivière sous ce promontoire. La fluorescéine a aussi permis de reconnaître que les sources de la rive droite se coloraient, tandis que celles de la rive gauche ne se coloraient pas. Il y a donc un bassin souterrain différent sur chacune des rives, ce qui tient à ce que la constitution géologique y est différente.

En résumé, les exutoires de la Bonneville sont alimentés en grande partie par les eaux perdues de l'Iton en amont et coulant en canaux souterrains libres. Ce ne sont donc point des sources.

Relativement à la forme des effondrements, M. Ferray est d'avis qu'elle commence toujours par être cylindrique ; à la longue les bords sont érodés, il se produit des talus d'éboulement et les cavités prennent la forme tronconique.

Quant à la situation des effondrements, on constate que ceux-ci sont presque toujours aux points où il y a changement de direction du courant ; on peut l'expliquer en remarquant qu'en ces points le courant doit rencontrer des roches plus dures que la craie où il a son cours rectiligne ; de là des tourbillons qui creusent de bas en haut une cavité ; c'est l'origine d'un effondrement.

M. Ferray expose les résultats que lui a fournis l'étude de différents puits ; il y a vu la rivière souterraine couler à 90° et même à 180° de la rivière superficielle ; les rivières souterraines ont donc des méandres comme les rivières superficielles.

M. E. Badois rappelle que la ville de Paris a songé à capter des eaux dans le cours souterrain de l'Iton ; il demande à M. Ferray, qui a la plus grande compétence en ces questions, puisqu'il a fait en France les premières expériences avec la fluorescéine et étudié les cavernes de l'Eure, si les eaux captées ne seraient pas précisément celles qui pénètrent par les bétoirs.

M. Ferray répond affirmativement ; les eaux souterraines de l'Iton renferment les mêmes impuretés que celles de la surface. Quant aux eaux souterraines de l'Avre, M. Ferray ne les a pas étudiées lui-même, n'ayant pu obtenir, de la Commission parlementaire de dérivation des eaux de l'Avre, le crédit de 3 000 *f* qui aurait été suffisant ; mais il est permis de conclure que tout se passe pour l'Avre comme pour l'Iton et, d'une façon générale que lorsque des eaux souterraines circulent en canal libre, elles présentent les mêmes inconvénients que les eaux de surface.

M. Doniol dit que les recherches de MM. Brard et Ferray présentent une grande importance au point de vue des conditions hygiéniques de la ville de Paris.

D'un autre côté on se trouve en présence d'un fait accompli, d'une œuvre qui existe et est considérable. Il y aurait une conséquence pratique à déduire de ce qui vient d'être exposé : ce serait que le service municipal fit une étude vraiment détaillée et approfondie des mardelles et des bétoirs de l'Avre et de ses affluents, afin de voir quels sont les ouvrages qui donnent lieu à une pénétration de l'eau avec une filtration insuffisante.

M. Doniol rappelle qu'aux environs de Bruxelles, où l'épuration des eaux d'égout a été obtenue en les élevant sur un plateau perméable, l'épandage de ces eaux, pratiqué au début dans le fond de vallée, n'avait pas donné de bons résultats, parce que ces terrains, qui n'avaient que peu d'épaisseur entre la surface du sol et la nappe aquifère, renfermaient beaucoup de trous, creusés sans doute par des animaux. S'il se

présente pour les eaux de l'Avre un cas analogue, il y aurait lieu d'oblitérer les mardelles et les bétoirs qui établissent une communication avec les eaux des sources.

M. Ferray dit que ces bétoirs sont en effet des entonnoirs sur lesquels il manque le filtre; il en a vu sur l'Iton absorbant 800 *l* à la seconde.

Il y a un autre danger, ce sont les prairies perméables qui sont de véritables cribles; il y a bien des règlements au sujet des irrigations, mais ils ne sont pas observés, de telle sorte qu'en l'état actuel il est impossible de remédier à ces inconvénients, c'est-à-dire d'isoler, d'une façon absolue, les eaux profondes des eaux de surface; leur contact sera toujours direct et sans filtration.

M. Brard dit que la conclusion de son travail est la même que celle qui vient d'être exposée. Il faut obliger l'eau à se filtrer dans le sol et oblitérer les endroits dangereux où une eau impure s'engouffre. Le ciment armé a donné de bons résultats; d'autres méthodes pourraient aussi convenir.

M. E. Hubou émet des doutes formels sur la qualité des eaux de source captées dans les terrains calcaires où est constatée l'existence de fissures, failles, diaclases, bétoirs ou mardelles-entonnoirs, attendu que ces eaux peuvent se trouver mélangées d'eaux superficielles impures. Il appuie cette opinion sur les différentes observations suivantes qui complètent celles de MM. Brard et Ferray:

1° Des sources ont été amenées, à Bruxelles, pour l'alimentation des faubourgs; elles sont prises dans le calcaire carbonifère, à Spontin. Leur qualité a été discutée à la Société de Géologie et à la Société Médico-Chirurgicale du Brabant, et de l'avis de nombreux spécialistes, ces sources sont alimentées par des ruisseaux superficiels perdus et par le ruisseau du Bocq, qui est un véritable égout collecteur des agglomérations qu'il traverse;

2° Les sources de Comblain, qui se trouvent également dans le même terrain carbonifère, avaient d'abord été choisies par la ville de Liège pour l'alimentation de sa banlieue; mais le projet fut abandonné après constatation que le terrain présentait de nombreux points d'engouffrement d'eaux superficielles. L'eau de ces sources, d'abord considérée comme très pure, fut reconnue, deux ans plus tard, détestable.

3° A *Besançon*, on a constaté des épidémies de fièvre typhoïde et on en a limité la cause dans la zone de distribution des sources d'Arcier. On a vérifié que ces sources puissantes sont en communication souterraine avec le ruisseau de Nancray qui disparaît à quelques kilomètres de là;

4° A *Reims*, les eaux de la ville sont captées dans des galeries percées dans la craie fissurée de la Champagne. Leur teneur en germes et en matières organiques varie dans des proportions considérables et la fièvre typhoïde produit de fréquents ravages dans la population;

5° A *Paris*, M. le docteur Thoinot, qui incrimine les eaux de l'Avre, comme souillées d'eaux de ruissellement impures, prétend que les sources de la Vanne, jusqu'à ce jour réputées sans défauts, présentent

le même danger par suite d'une contamination de la source du Miroir qui prend naissance à Theil ; cette contamination serait due également à une fissure du terrain.

De tous ces faits, M. Hubou tire la conclusion suivante :

Les eaux de surface, traversant les fissures, diaclases, bétoirs des calcaires, n'y subissent pas une filtration suffisante, et ne sont jamais stérilisées complètement. On ne peut espérer combler tous ces bétoirs et ces fissures : y arriverait-on pour quelques-uns, on ne les supprimerait jamais d'une façon radicale : ces travaux seraient donc tout au plus des palliatifs.

On peut, par suite, poser en principe que la captation des eaux profondes ne donne pas une garantie beaucoup plus grande que celle des eaux superficielles. Tel est, du reste, l'avis de savants autorisés, tels que MM. les docteurs Roux et Calmette, qu'on trouvera nettement exprimé dans le rapport de la Commission nommée par la Municipalité de Lille pour l'essai de la stérilisation des eaux au moyen de l'ozone.

Pour obtenir une eau bactériologiquement pure, il est nécessaire de la stériliser complètement. Le traitement par l'ozone lui parait donner une solution industrielle efficace. A ce sujet, et à simple titre d'exemple, M. Hubou décrit sommairement les expériences de Lille au moyen de ce procédé et cite les conclusions du rapport de la Commission.

Il propose donc, comme complément nécessaire de l'aménagement des eaux de source reconnues suspectes, l'installation auprès des réservoirs d'une usine de stérilisation.

Il termine en faisant remarquer qu'au lieu de recourir à des dépenses énormes pour la captation et l'adduction d'eaux de source douteuses, il serait, à son avis, préférable de puiser l'eau dans une rivière, telle que la Marne, de la filtrer grossièrement et de la stériliser ensuite complètement par un procédé efficace tel que celui de l'ozonisation. Cette solution offrirait une grande sécurité pour la santé publique.

M. E. Badois pense qu'il faut apporter aux conclusions, à tirer des expériences de Lille, quelques réserves. Les eaux d'Emmerin sont par elles-mêmes presque pures, contenant une faible quantité de matière organique et un petit nombre de microbes. On a bien dit que l'ozonisation appliquée aux eaux impures de la Seine et de la Marne avait donné aussi de bons résultats. Mais, autre chose est de faire une expérience sur quelques litres ou de réaliser un traitement industriel sur 100 000 m^3. Sans doute la fabrication de l'ozone a dans ces derniers temps fait des progrès considérables, mais la question ne consiste pas seulement à mettre en présence de l'eau impure et de l'ozone ; il faut les mettre en contact. C'est là la grande difficulté sur la solution de laquelle jusqu'ici il n'a été rien dit. M. Badois croit donc, lui aussi, que ce qu'il faut pour la Ville de Paris, c'est améliorer la situation actuelle et pour cela supprimer les bétoirs qui sont dangereux.

M. le Président résume la discussion et dit qu'il est à souhaiter que, à l'avenir, des Commissions compétentes se livrent à des études approfondies avant d'entreprendre des travaux de captage ; relativement aux travaux considérables aujourd'hui réalisés pour l'Avre, il y a une

question pressante, et il faut souhaiter qu'il soit fait un examen très attentif de ces bétoirs à la suite duquel seront oblitérés tous ceux qui auront paru suspects.

M. E. Hubou regarde comme inefficace le comblement des bétoirs, parce qu'un sol dont la nature géologique est de présenter des fissures, laissera toujours passer de l'eau insuffisamment filtrée; il estime que pour être sûr d'avoir de l'eau de bonne qualité, il faut l'épurer, et rappelle qu'à côté du procédé d'ozonisation dont il a parlé tout à l'heure, il y a des procédés de filtration tels que celui d'Anderson qui donnent pour l'eau de Seine ou de Marne de bons résultats.

M. Boursault insiste sur l'intérêt qu'il y a à étudier les phénomènes de la filtration dans le sol et rappelle certaines expériences faciles a réaliser. Il conclut qu'il ne faut pas condamner *a priori* les eaux profondes, mais qu'il faut chercher celles qui se sont épurées à travers une couche filtrante naturelle. On ne peut pas boucher complètement les bétoirs, mais il faut y mettre une matière filtrante; en un mot, comme le disait M. Ferray, il faut mettre un filtre dans l'entonnoir; mais il est indispensable que ce filtre soit librement soumis à l'action oxydante et purifiante de l'air.

M. le Président fait remarquer que l'amélioration qu'appelle immédiatement la qualité des eaux de l'Avre, la suppression des bétoirs, n'empêcherait pas d'examiner ensuite la question de la filtration, si elle est reconnue nécessaire.

M. Brard ajoute que, d'ailleurs, il y a dans le bassin de l'Avre des surfaces considérables où se produit une véritable filtration.

Il est donné lecture, en première présentation, des demandes d'admission de MM. J.-Ch. Bassée, P. Blache, Ch. Blet, F.-G. Bocquet, S.-J. Boussiron, N.-E. Cadet de Vaux, A.-A. Deguy, V.-A. Deroualle, M.-P.-A. Desfontaines, R. Dufer. L. Duguey, B. Eppinger, P. Fougerolle, L.-A.-F. Fourré, Ch.-J. François, B.-J. Garczynski, G. Hertzog, Ch. Kiener, H.-L.-A. Labrot-Brousse, J.-P.-G. Lamboi, T.-P.-A.-A. de Lavallette, P.-P. Lebrou, L.-P. Magne, F. Maisonnier, L. Maugras, L.-J. Mekarski, R. Michau, A.-M. Michel, E. Normandin, Ch.-H.-J.-P. Pellegrin, V. da Silva Freire, P. Tournayre, L.-E. Vallée, comme Membres sociétaires et de

M. F. Ferron, comme Membre associé.

MM. J.-B. Contrestin, L. Garreau, A.-L.-É. Guétin, A.-M. Maurel, A. de Morsier, A.-A.-F. Vandesmet, A.-P.-A. Vang, le Président de la Société des Ingénieurs Civils de Brescia, sont reçus Membres sociétaires.

La séance est levée à 11 heures et demie.

Le Secrétaire,
P. Jannettaz.

ÉTUDE

DES

PERTES DE L'AVRE ET DE SES AFFLUENTS

ET DES

SOURCES EN AVAL DES PERTES [1]

PAR

M. Félix BRARD

I

EXPOSÉ DE LA QUESTION

Expériences de M. Ferray. — En 1887, un pharmacien d'Évreux, M. Ferray, en jetant de la fluorescéine dans deux endroits du parcours superficiel de l'Avre, où cette rivière disparaissait, arriva à ce singulier résultat de colorer des eaux de sources situées à 14 *km* en aval, dans une vallée séparée de la vallée d'Avre par deux plateaux et une vallée intermédiaire, ce qui paraissait démontrer le passage des pertes de l'Avre sous les deux plateaux et, par suite, que les sources seraient la réapparition d'une partie des eaux perdues en amont, mais dans une autre vallée.

Note de M. Humblot. Rapport parlementaire Gadaud. — Le 24 janvier 1889, un rapport fut présenté à la Chambre des députés, par M. Gadaud, ayant pour objet l'adduction à Paris des sources de la Vigne et de l'Avre. La partie technique de ce rapport était la copie, avec quelques modifications peu heureuses, d'une note en date du 2 novembre 1888 de M. Humblot, alors Ingénieur en chef des Eaux de la Ville de Paris.

Rapport Berger. — La session de 1889 se termina avant que le projet fût discuté. Un nouveau rapport présenté en 1890 par M. Berger, un de nos Collègues, fut adopté.

(1) Voir planches 222, 223, 224.

L'un des opposants au projet avait demandé si l'on était bien sûr d'avoir des eaux de source, et si des eaux qui sont restées pendant longtemps au contact de l'air et qui disparaissent dans le sous-sol ne sont pas susceptibles d'apporter avec elles des éléments infectieux pour l'hygiène publique.

En 1893, l'eau des sources captées arriva à Paris ; ces eaux, selon un rapport du 5 juillet 1889, de M. Bechmann, aujourd'hui Directeur du Service des Eaux, *sont irréprochables et se placent en première ligne parmi toutes les sources du bassin de Paris.*

« Les Abimes », par M. Martel. — M. Martel, dans son ouvrage des *Abîmes*, en 1894, fait une description peu flatteuse des eaux superficielles de l'Avre et de ses affluents, qui disparaissent et, selon lui, réapparaissent sans aucun doute possible aux sources captées, ce que niait la note technique de M. Humblot, qui n'en admettait qu'une partie insignifiante. Pour le reste du rapport de M. Gadaud, M. Martel l'adoptait comme un évangile.

« Hydrographie de l'Eure », par M. Ferray. — En 1896 parut une brochure de 120 pages de M. Ferray déjà nommé, sous le titre : *Hydrographie du département de l'Eure*, traitant des pertes et des renaissances des rivières d'Avre, d'Iton et de Rille et en opposition complète avec les idées de M. Humblot.

« Les nitrates dans les eaux potables », par M. Schlœsing. — Le 13 avril 1896, M. Th. Schlœsing présenta à l'Académie des Sciences une note sur *la Nitrification et la Pureté des eaux de source*, et, le 11 mai, une seconde note : *les Nitrates dans les eaux potables*. Ces deux travaux correspondaient à des prises d'essai du 4 mars 1895 au 13 avril 1896 sur les eaux de source de la Vanne, de la Dhuis et de l'Avre, à leur entrée dans leurs bassins respectifs à Paris. M. Schlœsing expliquait qu'en présence des variations considérables dans les titres nitrique et calcique des sources de la rivière d'Avre, variations qui n'existaient pas pour la Vanne et la Dhuis, il arrivait à trouver que les eaux des sources de l'Avre se composaient d'eaux de source et d'eaux de ruissellement, absorbées par un terrain trop perméable et conduites aux sources par des voies trop rapides ; enfin il trouva de la matière humique, c'est-à-dire une matière organique qui n'existe jamais dans l'eau de la Vanne, quelques traces dans l'eau de la Dhuis et toujours en quantité variable dans l'Avre.

La matière humique est cette matière organique, constituée

presque en totalité par ces acides bruns, mal définis, qui se produisent dans les tourbières, et formés par la décomposition de la matière végétale sur un sol exempt de calcaire.

M. Schlœsing, dans les *Annales du Conservatoire*, dit à ce sujet :

« Et s'il m'était permis d'avoir un avis sur le degré relatif de » pureté des eaux conduites à Paris, je l'exprimerais en disant » que je continuerai à boire de l'eau de la Vanne et de celle de » la Dhuis sans aucune inquiétude, telles qu'elles sont distribuées, » et que je voudrais maintenant ne boire de l'eau de l'Avre » qu'après son passage dans un bon filtre. »

De ces paroles, justifiées ou non, on conclut à la faillite de l'Avre. Elles étaient caractéristiques : cependant je me permettrai de faire remarquer qu'il n'y a pas la preuve directe ; en effet, les variations de teneur nitrique et calcique n'altèrent aucunement en elles-mêmes, dans l'espèce, la qualité des eaux de sources de l'Avre. Les analyses conduisent simplement à la présence dans ces eaux d'une portion plus ou moins grande d'eaux superficielles ; c'est un avertissement sérieux d'examiner ces eaux au point de vue de la quantité de matière organique et au point de vue micrographique, surtout aux époques d'abaissement des titres calcique et nitrique ; aux autres époques, ces eaux seraient donc de véritables eaux de source. L'étude si documentée de M. Schlœsing aura posé ce principe : les essais d'eaux de source doivent être faits pendant une année avec des prises d'eau hebdomadaires et même plus rapprochées autant que possible, qui permettront de représenter la qualité de la source par un graphique visible tant au point de vue des titres calcique et nitrique qu'à celui micrographique et matière organique. La diminution notable des titres calcique et nitrique, abaissement du degré hydrotimétrique, sera un indice infaillible de la participation aux eaux de source d'eaux de ruissellement ; l'essai micrographique et de matière organique décidera de la pureté relative des eaux ; la couleur du résidu sec décèlera la présence de matière humique et de fer, c'est-à-dire pour la première matière des eaux d'étangs tourbeux.

En janvier 1899, les eaux des sources de l'Avre arrivèrent à Paris laiteuses, avec une légère teinte jaunâtre presque imperceptible. Cette opacité dura environ deux mois ; en même temps, il se déclarait, a-t-on dit, une épidémie de fièvre typhoïde dans le XVII^e^ arrondissement alimenté par ces sources.

La Presse en janvier-février 1899. — Un article qui paraît dans le journal *le Temps*, sous la signature de M. Thoinot, secrétaire du Comité consultatif d'hygiène et émettant les mêmes opinions que M. Girard, Directeur du Laboratoire municipal, augmenta les alarmes. Les chimistes et bactériologues de l'Observatoire municipal de Montsouris, MM. Albert Lévy et le docteur Miquel, donnaient, disait-on, des résultats en opposition avec les chimistes de la Préfecture de Police, représentés par M. Girard. Ces derniers avaient signalé la présence de microbes pathogènes dans les eaux de l'Avre; de là interpellation à la tribune par M. Bompard, réponse du sous-secrétaire d'État à l'Intérieur, que la mortalité était moindre dans le XVII^e^ qu'elle n'avait jamais été, surtout au point de vue de la fièvre typhoïde, et que les cas de fièvre typhoïde se trouvaient plutôt dans les quartiers desservis par les eaux de la Vanne. D'ailleurs, ajoutait-il, il est établi que le nombre des bactéries constaté dans une eau de source n'a aucun rapport avec le nombre de décès de fièvre typhoïde, que les critiques formulées contre l'eau de l'Avre ne reposent sur aucun fondement sérieux, qu'enfin le gouvernement avait nommé une commission supérieure qui allait, de suite, se rendre aux sources.

Note de la Commission envoyée aux sources. — Cette Commission s'y rendit le 12 février. Elle était composée de trois conseillers municipaux, de MM. de Selves, Bechmann, docteurs Cornil, Proust, Richet, Adolphe Carnot, Duclaux, Albert Lévy et Miquel.

A la suite de la visite, la note suivante parut dans les journaux :

« Il résulte de l'étude orographique faite par la Commission » que les sources de l'Avre sont déterminées par les eaux at- » mosphériques filtrant à travers les couches supérieures d'un » haut plateau que l'extrême perméabilité du sol rend absolu- » ment inhabitable.

» Au point de vue de la qualité, les analyses sont également » très rassurantes. Prises à leur point d'émergence, les eaux ne » présentent aucune trace de germes pathogènes et leur opacité, » qui alarma si profondément la population, résultait de la pré- » sence de matières inorganiques en suspension, que les couches » filtrantes engorgées par la surabondance des eaux atmosphé- » riques étaient impuissantes à retenir. »

La Commission, sans être allée visiter ces terrains si perméa-

bles en même temps qu'inhabitables, puisqu'elle n'est allée qu'aux sources, c'est-à-dire à 20 *km* environ des points signalés d'une extrême perméabilité, a simplement envoyé cette note sybilline d'après l'examen, *aux sources*, de la carte géologique. Le retour rapide à Paris, le même jour, le démontre. Or, voici la vérité : les hauts plateaux en question sont occupés par les forêts du Perche, de la Trappe, de la Ferté-Vidame et les bois du Châtelet, de Chérencey et de la Mélasse ; les fonds de vallée sont peu perméables ainsi que les plateaux ; les points d'une certaine perméabilité ne sont pas dans cette région, ils sont en aval ; ils sont caractérisés par des endroits spéciaux d'absorption, en nombre relativement faible, de quelques mètres carrés de superficie et s'appellent *gouffres* ou *bétoirs;* ils sont, au contraire, très cultivés, très habités, et la meilleure preuve est dans les clôtures en ronce artificielle qui rendent difficile l'examen des points d'absorption.

Quand une couche filtrante est engorgée, on dit qu'elle est *feutrée ;* sa perméabilité diminue comme quantité filtrée, mais l'eau filtrée augmente comme qualité ; avec l'énoncé de la Commission, c'est tout le contraire, c'est-à-dire sybillin, incompréhensible ; quant à l'opacité, il suffisait de dire que les sources ont des crues comme les rivières et que, suivant la nature des terrains traversés, elles prennent une couleur légèrement ocreuse dans les terrains arénacés et laiteuse dans les terrains crayeux.

La presse, en janvier et février, se jeta avec empressement sur la question de l'Avre, il y eut des articles véhéments ; les uns prirent le rapport parlementaire Gadaud comme base inattaquable ; les autres attaquèrent à tort et à travers, rendant perméables, *par écrit*, des couches de glaise de 5 *m* d'épaisseur dont ils ignoraient du reste l'existence ; les uns et les autres, du reste, n'avaient vu ni les projets exécutés, ni assisté à leur exécution et, par suite, parlaient des sources avec l'incompétence la plus grande ; aucun d'eux n'avait une coupe géologique de la vallée.

« Rôle actuel des eaux de source », par M. Thoinot. — Tout autre est une brochure de juillet 1899 : *la Fièvre typhoïde à Paris de 1870 à 1899, Rôle actuel des eaux de source*, par M. Thoinot, médecin de l'hospice Debrousse, travail extrait des *Bulletins* et *Mémoires* de la Société médicale des hôpitaux.

Cette brochure, très documentée en ce qui concerne l'Avre, démontre que le docteur Thoinot avait étudié avec soin tout le terrain, sur place, avait vu les eaux de ruissellement impures

entrer dans le sous-sol perméable des vallées par les bétoirs, et réapparaître, à certains points d'émergence, unies à de véritables eaux de sources, le tout à l'état d'eau pure, excellente, sauf à l'époque critique des grandes pluies automnales et hivernales, ou des forts orages d'été accompagnés de pluies importantes.

Né dans le pays, le connaissant bien sur 400 km^2, l'habitant actuellement, j'ai cru, comme Ingénieur, ayant pu voir les travaux de captage fin 1891 et commencement de 1892, ayant surveillé les travaux de captage d'une des sources de la vallée d'Avre, pour la ville de Verneuil, ayant fait à l'étranger des travaux identiques, j'ai cru que je devais apporter à notre Société le résultat de mes études de quatre ans afin de rectifier les idées fausses à ce sujet, aussi bien des promoteurs et défenseurs du projet de captage que des adversaires de toute nature. J'ai visité une à une 195 excavations, sources, trous, bétoirs, gouffres, mardelles, etc.; j'ai voulu signaler les points dangereux, poser des points d'interrogation et appeler une discussion où tous ceux qui ont étudié la question pourront prendre la parole, chacun avec ses connaissances spéciales et mettre ainsi au point cette question qui intéresse si vivement la population parisienne, tous ceux qui séjournent à Paris et tous nos visiteurs de l'Exposition de 1900.

L'étude comprendra la partie géologique, l'étude détaillée des sources, des bétoirs et des entonnoirs d'effondrement et la partie chimique et bactériologique.

II

ÉTUDE GÉOLOGIQUE

L'étude comprend, d'un côté, tout le terrain compris entre la ligne de séparation des eaux de l'Avre et de l'Iton; d'un autre côté celle du ruisseau de Lamblore affluent de la Vigne et de la Meuvette affluent de l'Avre; d'un bout l'Avre au-dessous de Verneuil; et d'autre bout les collines du Perche.

Le pays présente un vaste plateau incliné vers le nord-est; il est recouvert par un manteau d'*argile à silex* qui vient masquer tout ce qui se trouve au-dessous. Le manque absolu de sondages

dans la région ne permet pas de reconnaître les couches sous-jacentes recouvertes par l'argile à silex; il faut donc parcourir le pays, interroger les *puits à eau de l'argile à silex*, les *puits à marne*, les *bétoirs*, points d'absorption des eaux de ruissellement, les *mardelles-entonnoirs*, vastes effondrements tronconiques, les *terrains perméables*, les *terrains imperméables*, le *sous-sol des vallées*, les *sources*, l'autre côté des collines du Perche, et en déduire, des faits examinés sur le terrain et des puits, d'où vient l'eau qui alimente les sources.

1° Argile à silex.

Qu'est-ce que l'argile à silex? L'argile à silex est formée de silex de la craie brisés ou non, empâtés dans une argile rouge ou grise s'appuyant soit sur la *craie sénonienne*, soit sur la *craie turonienne*. Les idées actuelles à ce sujet, que l'examen géologique ratifie, sont que l'argile à silex ne serait autre que de la *craie décalcifiée*, qui se serait formée en grand à l'époque tertiaire lors des grandes époques de ruissellement. Ces eaux de ruissellement auraient alors dissous le carbonate de chaux de la craie, laissé sur place les silex de la craie et les parties terreuses qui entrent dans sa composition.

Ce phénomène durerait encore, mais souterrainement, et serait la cause des fissures, cavités, cavernes souterraines existant dans la craie et servant de passage aux eaux; ces eaux, par érosion d'une part, et par l'action chimique de l'acide carbonique qu'elles contiennent, entrées avec un très faible degré hydrotimétrique, circuleraient dans les cavités qu'elles ont formées, en continuant leur action, et sortiraient par les sources, avec une augmentation considérable du degré hydrotimétrique.

Dans cette argile à silex, on rencontre des poches considérables de sable, des couches de *sables*, des *grès*, des *conglomérats*, ainsi que, à la superficie, des couches de *limon des plateaux* composées d'argile et de sable fin, avec un peu de carbonate de chaux, servant à faire de la tuile, de la brique ou des tuyaux en poterie. Les analyses démontrent la présence d'un peu de Co^3Ca dans l'argile à silex.

Dans beaucoup d'endroits on rencontre des *alluvions anciennes*, à différents niveaux, et qui servent de carrières de silex pour empierrement ou de ballastières.

Sables et grès a pavés. — Ces sables forment des poches de grandes dimensions; purs, ils sont quartzeux, cristallins, très fins, et ont servi dans toutes les verreries des collines du Perche: on les emploie pour la fabrication du mortier.

Colorés en jaune ou rouge, ils deviennent argileux et sont employés comme sable de moulage: tout puits qui rencontre l'eau dans l'argile à silex rencontre ces sables argileux à l'état de couches. Quelquefois ces sables sont ferrugineux.

Agglutinons les sables blancs quartzeux, nous avons les grès à pavés; si l'agglutination se modifie, nous avons les *grès d'appareil* qui ont été employés pour les substructions de toutes les églises, donjons et maisons des riches bourgeois d'autrefois; ce terrain est éminemment perméable.

Conglomérats. — Deux espèces de poudingues se rencontrent dans l'argile à silex; la première espèce est un poudingue formé de silex roulés à l'état de galets plus ou moins gros formant des blocs de 1 à 10 m^3, réunis par un ciment siliceux. Le tout forme des blocs d'une extrême dureté, qui ont été utilisés par la Compagnie de l'Ouest, pour ses travaux d'art de Verneuil à Laigle, quand elle les a trouvés à proximité. Un affleurement de ces poudingues existe dans la vallée de Mandres; on en trouve aussi un peu partout sur le sommet des plateaux, particulièrement sur le plateau de séparation de l'Avre et du Buternay.

La seconde espèce de conglomérat porte le nom de *grison*: elle est formée de petits cailloux siliceux réunis par un ciment silico-ferrugineux donnant à l'ensemble une teinte grise caractéristique. Le grison se rencontre à peu de profondeur dans l'argile à silex, en bancs de 0,15 à 0,30 *m* d'épaisseur. Beaucoup d'églises, style roman, et de donjons, ainsi que des murs d'enceinte ont été construits avec ce poudingue très dur. Il forme des couches imperméables.

Tel est ce qu'on rencontre dans l'argile à silex du pays d'une pauvreté remarquable en fossiles de la craie, silicifiés.

2° Puits à eau dans l'argile à silex.

Les puits à eau peuvent se diviser en trois classes : les puits *de fond* ou *de bord de vallée*, les puits *de coteau* ou *de plateau* seulement dans l'*argile à silex*, les puits *de coteau* ou *de plateau* qui ont recoupé une *certaine épaisseur de marne*.

Puits de fond de vallée. — Les premiers au niveau de la vallée traversent le gravier aquifère, et, si dans un été sec, on les approfondit, le niveau de l'eau dans le puits suit le niveau piézométrique de la nappe souterraine : tels les puits de Morvilliers, un puits de Baslines, certains puits de Verneuil situés dans la vallée d'Avre, les puits de Moussonvilliers et de Randonnay. Ces puits, peu profonds, ne peuvent donner aucun renseignement, tout au plus une coupe géologique suivante *(fig. 3)* :

Tourbe de prairie brune, noire à la surface : H = 0,60 *m;*

Couche argilo-sableuse jaune avec quelques silex, véritable terre à brique, 0,70 *m*;

Gros cailloux de silex empâtés dans de l'argile jaune de 0,10 à 2 *m* d'épaisseur suivis d'argile sableuse avec petits silex puis avec gravier fin formant le niveau aquifère.

Puits de coteau et de plateau. — Les puits de coteau et ceux de plateau ont de 12 à 24 *m* et jusqu'à 28 *m* de profondeur; ces puits ont une profondeur variable suivant leur altitude par rapport au fond de la vallée; ils recoupent généralement de l'argile à gros silex, des parties avec de minces couches glaiseuses, des épaisseurs variables d'argile sableuse, puis des sables aquifères reposant sur une couche argileuse imperméable; un puits peut ainsi recouper, selon les moyens d'épuisement, mais surtout sans interrompre le travail, une ou deux de ces couches aquifères; les bords des ravins, des ruisseaux et le plateau de la commune de Verneuil ne permettent pas d'arriver à la marne par suite des niveaux d'eau rencontrés pouvant débiter de 2.000 à 2.500 *l* par jour; quelquefois beaucoup plus quand le puits est très près du bord de la vallée. L'eau qui alimente ces puits provient de l'absorption de l'eau par les parties très caillouteuses ou très sableuses qui existent superficiellement dans l'argile à silex; certaines parties qui ont servi de carrières de ballast sont réellement d'une perméabilité remarquable; hormis la commune de Verneuil, les puits des hautes vallées et les puits aux abords de la vallée, tous *les autres puits recouperont l'argile à silex sans trace d'eau* et arriveront ainsi à la marne. Par suite l'argile à silex dans ce cas peut être considérée comme imperméable; aussi beaucoup de puits à marne sont-ils creusés sans aucun boisage d'aucune espèce, ni même de clayonnage. Généralement, et ceci est bien constaté, les mares des plateaux, où tout puits ne peut ren-

contrer l'eau que dans la marne, sont très étanches. Les fossiles silicifiés sont d'une très grande rareté dans l'argile à silex.

Puits a eau recoupant la marne. — Sauf certaines exceptions, à la ferme des Evis, à la Ferté-Vidame, cote 250, où l'on trouve le plateau aquifère par suite d'une succession de couches de sables et de glaises, les puits à eau dans la marne sont la majorité. Il est triste de constater que la plupart des hameaux n'ont pas de puits, à cause de la profondeur qui, lorsque l'on est obligé de recouper la marne, exigent au moins 30 *m* de perforation soit de 750 à 800 *f* de dépense, sans comprendre la pompe ou le treuil. Généralement ce n'est qu'avec 8 ou 10 *m* de traversée dans la marne qu'on trouve l'eau soit par des diaclases, soit par de véritables courants existant dans la marne et qu'un puits peut rencontrer.

Le puits du Bois-Normand, presque situé à l'éperon de deux vallées, à flanc de coteau, a sa partie supérieure à la cote 175,45, la cote du plateau étant 180. Il a traversé 28,50 *m* d'argile à silex, est entré de 2 *m* dans un mélange de marne et de veines d'argile à silex, lorsqu'il a rencontré un courant d'eau venu du fond qui l'alimente actuellement; 2,14 *m* au-dessus on avait recoupé une fente naturelle qui alors était à sec. Le niveau de l'eau dans le puits est, en tenant compte de la distance à la dernière source captée, en relation avec le niveau de captage des sources. Son niveau s'élève ou s'abaisse suivant la saison *(fig. 3)*.

Ci-joint un état des puits principaux ayant recoupé la marne.

3° Puits à marne; marnières.

Les renseignements précédents peuvent se résumer ainsi :

Tout puits de plateau recoupe la marne de 25 à 29 *m* de profondeur au maximum; en se dirigeant du plateau vers les vallées, la profondeur diminue; le fond de la vallée est environ 20 *m* au-dessous du plateau dans le même profil transversal; donc 9 *m* au-dessous du fond de la vallée, on doit rencontrer la marne à moins qu'elle n'ait été érosée lors de la formation des vallées; les alluvions ne dépasseraient donc pas 9 *m*, sauf le cas ci-dessus.

Les puits à marne peuvent se foncer partout où le puits à eau recoupe l'argile à silex sans trace d'eau; la hauteur d'exploitation varie suivant la profondeur à laquelle on rencontre l'eau; généralement on peut mettre le fond de la marnière 10 *m* au-

État des puits principaux ayant recoupé la marne.

LIEU DIT	ALTITUDE	PROFONDEUR totale	PROFONDEUR en argile à silex	PROFONDEUR en marne	OBSERVATIONS
Puits du Breuil	163,65	16,90	13,20	3,70	Aux abords de la source du Breuil.
Philmain	194,00	34,33	29,33	7,00	Courant d'eau.
Beauche, puits communal garçons	195,00	36,30	28,00	8,30	Simples diaclases.
— maraîchère	195,00	32,00	25,00	7,00	Sans eau.
Puits communal, Rohaire	»	34,00	29,00	5,00	Simples diaclases.
Sorel, Boissy-le-Sec	207,00	40,00	29,00	11,00	Rencontre d'un courant d'eau; l'eau varie de 5,00 à 10,00; fissures.
Corbin, Boissy-le-Sec	197,00	40,00	29,00	11,00	Fissures.
Le Boullay-St-Clair, Boissy-le-Sec	»	40,00	29,00	11,00	Rencontre d'un courant d'eau.
La Fauvellière, Pullay	»	32,00	22,00	10,00	Diaclases.
Château des Bois-Francs, Pullay	201,00	55,60	26,00	29,60	Marne non fendillée, seulement au fond; sondage de 25 *m*.
Beauche, puits communal filles	195,00	36,30	28,00	8,30	Diaclases; peu d'eau; devrait être approfondi.
— Le Bois-Vert	»	40,00	28,00	12,00	*Courant d'eau; niveau variant de 6,50 m à 14,50 m; au pied est un ravin, alimentant le Trou d'Eau des sources de Rueil.*
La Chapelle-Fortin	»	33,00	22.00	11,00	Diaclases.
Les Barils, village	»	32,66	22,00	11,66	Id.
— La Force	»	36,00	20,60	15,40	Id.
Gournay-le-Guérin, ferme Colas	»	40,00	26,00	14,00	Courant d'eau.
Château de Gournay	»	43,00	26,00	17,00	Id.
Château de Petiteville	»	43,35	26,00	17,35	Id.
Château du Brésil	»	30,00	23,00	7,00	Id.
Beaulieu, ferme des Haies-Blot	»	40,00	27,00	13,00	Id.
— La Crépellure	»	22,00	22,00	»	Nappe phréatique.
— — du Bois-Girard	»	43,33	29,00	14,33	Fissures.
— Château des Routis	211,00	17,00	17,00	»	Nappe phréatique.

État des puits principaux ayant recoupé la marne *(suite)*.

LIEU DIT	ALTITUDE	PROFONDEUR			OBSERVATIONS
		totale	en argile à silex	en marne	
La Mière	224,00	25,00	19,00	6,00	Diaclases.
La Louverie	224,00	31,00	23,00	8,00	Id.
Chennebrun, Vicomte des Brosses	»	33,66	26,00	7,66	Fissures dans la craie.
— —	»	33,66	22,75	10,91	»
Saint-Maurice, 3 puits communaux	210 à 215	38,33	25,00	13,33	Courant d'eau.
Rohaire, puits du bourg	»	34,00	29,00	5,00	Diaclases.
— puits de Et. Petiton	»	33,00	30,00	3,00	Id.
Les Haies	»	40,00	24,00	16,00	Fissures.
La Merdanderie	»	39,00	24,00	15,00	Id.
Lagatine	»	34,00	23,00	11,00	Id.
Puits à marne	»	30,00	19,00	11,00	Limite dans la marne 11,00 ; au delà on trouve l'eau qui inonde les galeries en remontant ; trouvé fort courant d'eau.
La Chapelle-Fortin, halte	»	32 à 33	22,00	10 à 11	Diaclases ; 1,00 d'eau en été, 3 à 4 en hiver.
Bouviers	»	36,00	25,00	11,00	*20 m d'eau ; rencontre d'un courant d'eau.*
Ferme des Evis	»	7,75	7,75	»	Cas spécial ; terrain imperméable à Draines.
Passage à niveau n° 33	»	22,50	22,50	»	Pas d'eau.
Baslines	»	27,00	27,00	»	Château de Gros-Bois.
Rueil, ferme du Bois-Normand	175,45	23,50	21,50	2,00	Deux courants d'eau.
— ferme du Nouvet	162,50	11,50	11,50	»	Niveau de la nappe des sources.
— ferme du Petit-Plessis	153,60	5,80	5,80	»	Ravin donnant dans la vallée en aval des sources.
— ferme de la Varenne	151,25	9,50	9,50	»	Id.
— le Presbytère	164,50	17,00	17,00	»	Niveau de la nappe 149,70.
— ferme du Grand-Plessis	171,12	23,10	23,10	»	Voir coupe.
Longuelune, ferme Labbé	»	33,00	27,00	6,00	Diaclases.
Bousy	»	33,00	27,00	6,00	Id.

État des puits principaux ayant recoupé la marne *(suite et fin).*

LIEU DIT	ALTITUDE	PROFONDEUR			OBSERVATIONS
		totale	en argile à silex	en marne	
P. N. n° 37, Bois Croullay	»	33,00	27,00	6,00	Diaclases.
P. N. n° 36	202 »	34,00	27,00	7,00	Id.
La Bouzardière	208,00	38,33	27,00	11,33	Id.
Les Harangères	»	25,00	25,00	»	
Petites-Haies	»	43,00	28,00	15,00	Fissures.
Ferme du Guelin	»	30,80	23,00	7,80	Id.
Ferme Voisine	»	33,00	23,00	10,00	Id.
Irai, le Bois de la Haie	»	24,00	15,00	9,00	*Rivière souterraine ainsi que dans les marnières.*
— le Bois	»	24,00	15,00	9,00	Fissures.
— la cour Castine	»	25,00	15,00	10,00	Id.
— Chauvigny	»	18,00	14,00	4,00	Id.
— la Touche	»	18,00	14,00	4,00	Id.
— la Guivière	»	22,00	13,00	9,00	Id.
Les Barils, la Forêt	»	36,00	21,00	15,00	Diaclases.
Ferme du Châtelet	»	32,60	21,00	11,60	Id.
Château des Bois-Francs	»	75,81	26,00	29,60	12,50 dans le sénomanien, 7,60 dans l'infra-crétacé d'où sort l'eau.
Saint-Christophe, La Minglière	»	27,00	22,00	5,00	Puits à marne.
— Le Génetey	»	26,00	22,00	4,00	Id.
— La Blatue	»	26,00	22,00	4,00	Id.
— La Grande-Gastine	»	26,00	22,00	4,10	Id.
— Village	»	36,00	23,00	13,00	Puits à eau; fissures.
— —	»	37,00	23,00	14,00	Id.
— —	»	39,00	23,00	16,00	Id.
— Le Tremblay	»	27,00	22,00	5,00	Puits à marne.
— La Raine	»	43,00	23,00	20,00	Puits à eau; diaclases.

dessous de l'argile à silex. Un renseignement sérieux fourni par M. Petibon de Rohaire, qui exploite de la marne, va éclairer complètement la question; il fonce ses puits à marne à flanc de coteau, recoupe l'argile à silex sur 19 *m* et n'exploite la marne que sur 11 *m* d'épaisseur parce qu'au-dessous il trouve l'eau qui inonde les galeries en remontant; *nombre de fois il est arrivé à rencontrer de forts courants d'eau, véritables rivières souterraines* circulant dans de larges cavités. Les marnerons ont la tendance à dépasser 10 *m* et s'exposent à noyer leurs marnières.

Un puits à marne ou un puits à eau recoupant la marne pour trouver de l'eau donne les indices de la proximité de la marne de la façon suivante : les silex à patine jaune deviennent à patine blanche, puis sont suivis d'argile et de marne mélangés, ce qui indique la marche de la décalcification ; enfin, après une traversée ne dépassant pas 4 *m*, on arrive à la marne pure ; on peut dire que la nature, par l'aspect de ces diverses transformations de marne en argile à silex, a indiqué de la façon la plus claire la marche de la décalcification de la marne.

Ces puits à eau qui ont traversé la marne sont, pour la majeure partie, foncés de 11 *m* dans la marne, ce qui concorde avec les renseignements de M. Petibon; au-dessous, on rencontre la craie fissurée. Quelques puits ne sont donc alimentés que par les diaclases et ont pu passer à quelques mètres de courants souterrains très importants; d'autres, tels que celui de Bouviers de la Chapelle-Fortin, à la cote 220, après une recoupe de 10 *m* dans la marne, ont rencontré un courant d'eau qui fait monter l'eau de 20 *m* dans le puits. Tous ces puits à eau sont à niveau variable; l'eau s'élève en hiver dans la colonne du puits et s'abaisse en été; le niveau piézométrique est donc variable suivant la saison.

4° Marne turonienne.

La marne rencontrée est la *marne turonienne*, caractérisée partout par l'*Inoceramus labiatus* et *Terebratulina gracilis*. Aucun doute n'existe à l'examen de tous les tas de marne extraits des puits où l'on trouve quelquefois de la pyrite jaune cristallisée.

Elle est employée soit comme amendement, soit pour faire de la chaux hydraulique.

Elle existe en contact avec l'argile à silex jusqu'à 6 *km* en aval de l'aqueduc de jaugeage des sources, où apparaît le *sénonien*, d'après le profil géologique dressé par M. G. Ramond, de l'aque-

duc de l'Avre jusqu'à Paris. Sa caractéristique était le *Micraster cortestudinarium* de sa base; M. Ramond n'a pu trouver une ligne de démarcation nette entre le sénonien et le turonien. Partout, dans toutes les marnières, on recoupe la marne turonienne à un maximum de profondeur de 25 à 29 *m*.

L'argile à silex, qui la recouvre comme un manteau, paraît diminuer de puissance à Irai, où la marne serait à quelques mètres au-dessous du fond de la vallée et à 15 *m* sous les plateaux. On peut la suivre ainsi jusque-là, mais, en franchissant les collines du Perche, on ne la retrouve pas de l'autre côté, où apparaît immédiatement sur une très grande étendue, tant en longueur qu'en largeur, la partie supérieure du *cénomanien*, caractérisée ici par la couche éminemment perméable des *sables du Perche*, la craie marneuse ayant complètement disparu.

Puissance de la marne turonienne. Sondage aux Bois-Francs, par M. Bécot. — Quelle est la puissance de cette marne turonienne? Un fonçage de puits suivi d'un sondage au château des Bois-Francs par M. Valpinçon, Ingénieur des Arts et Manufactures, à la cote 201 approximativement, va nous éclairer.

Le puits a traversé 26 *m* d'argile à silex avant de rencontrer la marne turonienne; le puits fut foncé dans la marne et 29,58 *m* plus bas la marne devient sableuse, puis bleue. Faute de fossiles, il est difficile de classer le terrain inférieur; toujours est-il qu'il n'existe pas trace des sables du Perche.

Le terrain paraît être le cénomanien sur 12,63 *m* de puissance, s'appuyant sur l'*albien* de la partie supérieure de l'*infra-crétacé*, qui aurait été reconnu ainsi sur 7,60 *m*, soit à 75,81 *m* de la surface où l'on a arrêté le sondage.

Les sables verdâtres, sans fossiles, avec pyrite, paraissent indiquer l'albien.

Une couche de 0,65 *cm* d'épaisseur de calcaire compact, crevassé, couleur cendre, très dur, suivi d'une marne compacte, couleur cendres, et s'enlevant par croûtes fait croire au sondeur, M. Bécot, qu'il avait rencontré le *jurassique*, et le sondage avait été arrêté.

La marne avait donné très peu d'eau et l'eau est venue immédiatement au-dessous.

Il a donc été constaté que la couche des sables du Perche, finit en pointe, et n'arrive pas dans cette partie du sous-sol du bassin de l'Avre.

Sondage de M. Arrault a Condé-sur-Iton. — Ce travail était terminé lorsque M. Arrault m'a communiqué un sondage exécuté à Condé-sur-Iton, dans le bassin de l'Iton, à 20 *km* environ au nord de la commune du Barils, château de M. Valpinçon, et qui vient infirmer celui de M. Bécot. La coupe des terrains recoupés est la suivante :

Argile à silex . . .	28,80 *m*	
Marne turonienne .	114,00	
Sables du Perche .	14,78	
Craie de Rouen . .	21,63	
Jurassique.	71,72	jusqu'à 250,87 *m* arrêt de sondage.

Or, la carte géologique, feuille de Bernay, où se trouve la localité, indique que la marne turonienne n'a guère que 15 à 20 *m* de puissance et qu'elle est suivie de la craie glauconieuse avec une puissance totale de 40 à 50 *m*. En tout cas, avec une puissance de craie pareille, les sables du Perche n'auraient, en cet endroit, aucune importance comme couche aquifère.

5° Sables du Perche du cénomanien.

La grande sablière aux abords de Tourouvre, de l'autre côté des collines du Perche, présente les sables du Perche, grossiers, roux, assez fins cependant et sans fossiles. Ces sables sont exploités pour les constructions. A Mortagne, au contraire, ces mêmes sables contiennent des *trigonies* et *Ostrea columba*. En même temps, des dépôts de grès ferrugineux horizontaux se trouvent enclavés dans les sables grossiers de la couche, qui est fossilifère, par exception. Or, si on se reporte au temps de la mer cénomanienne, les huitres vivant à des profondeurs très minimes et peu variables, paraissent indiquer que, près de Mortagne, se trouvait un rivage de la mer cénomanienne alors que les sables de Tourouvre seraient des dépôts effectués en mer calme à une plus grande distance des côtes, mais distance limitée. Le soulèvement par l'axe du Merlerault S.-E.-N.-O. a surhaussé les sables de Tourouvre, qui se prolongeraient peu, selon toute probabilité, sous la masse des marnes turoniennes, mais y aménéraient cependant par leur perméabilité (26 0/0 minimum, 38 0/0 pratiquement), ainsi que nous le verrons plus loin, de l'eau tombée dans le bassin de la Loire.

Ainsi qu'on le sait, les huitres ont besoin d'éléments calcaires

pour vivre; des colonies nombreuses au Tonkin vivent ainsi sur les roches calcaires de la baie d'Along. L'action des vagues du rivage de la mer cénomanienne a réduit par érosion, en pâte fine, ce calcaire de rivage, qui est allé se déposer en pleine mer et dans les eaux calmes. Ces deux faits, dépôt des sables du Perche et dépôt de la marne turonienne, ont pu exister à des époques différentes, ou contemporaines, au moins dans une certaine partie; d'où dépôt de sables de rivages ferrugineux, dépôt plus éloignés de sable fin, puis dépôt au delà de marne turonienne. On peut donc avoir dépôt simultané et dépôt ultérieur, ce que les deux coupes ci-jointes indiquent, avec une étendue très minime de sables du Perche du côté Seine de la ligne de faîte, 9 *km* au plus, avec terminaison en sifflet.

Le sondage des Barils, de M. Valpinçon, est donc venu éclairer la question.

6° Coupes géologiques par les plateaux,

faites d'après les données précédentes.

Coupe du puits de M. Valpinçon démontrant la non-existence des sables du Perche. — Les eaux qui filtrent par les sables du Perche, aux abords de la ligne de faîte, descendraient ainsi dans le bassin de la Seine; ces sables seraient recouverts par l'argile à silex seulement, ou par une faible partie de turonien. En tout cas, ces eaux pénétreraient dans les fissures de la marne; une partie — cette dernière est signalée à l'état du courant d'eau souterrain dans les marnières d'Irai; l'autre partie par les dislocations du soulèvement des collines du Perche — trouve des passages naturels dans les conduits d'écoulement et, s'unissant aux eaux de ruissellement absorbées par les parties perméables de l'argile à silex (sables, graviers, terrains de ballast), formerait les nombreuses sources de l'Avre et de ses divers affluents, sources de tête, caractérisées par un minimum de degré hydrotimétique 7°4.

Dans d'autres parties, les eaux passeraient par les diaclases, fissures et cavernes de la marne et reparaîtraient aux sources basses ou de queue de l'Avre.

7° Mardelles-Entonnoirs (*fig. 4, 5, 7*).

L'examen des puits nous a donné tout ce que nous pouvions obtenir pour une coupe géologique.

Examinons la superficie du bassin. Lorsque l'on remonte la rivière de la Vigne, à partir des sources captées, nous voyons, à flanc de coteau, sur le sommet des plateaux, à droite et à gauche, et même dans la vallée, des bouquets de bois complètement isolés. Si l'on s'approche de ces îlots boisés qui se détachent nettement des terrains de labour, on se trouve en présence d'excavations tronconiques, à base circulaire, quelquefois légèrement elliptique, à talus raides de 45°, talus naturels des déblais dans l'argile à silex.

La profondeur de ces excavations que l'on trouve en grand nombre dans la vallée d'Avre, aussi bien que sur le plateau qui la sépare de la vallée du Buternay, varie entre 2,50 *m* et 7 *m*; le diamètre en gueule varie de 4 *m* à 30 *m*, le cube de l'excavation de 50 à 2 000 m^3.

Dans la vallée, elles surprennent par la netteté de leurs talus et leur profondeur; dans le fond de la vallée, à faible altitude, elles sont, comme la plupart des sources, captées par la ville de Paris, sources pérennes; à une altitude plus élevée, à l'état de sources éphémères, se tarissant en été, quelquefois même n'étant à l'état de sources qu'après des hivers très pluvieux. Ces vastes cuvettes, de 10 à 15 *m* de diamètre, dans le sol plat de la prairie, éveillent singulièrement l'attention de l'explorateur qui la parcourt.

D'autres fois ces mêmes excavations se rencontrent dans le lit desséché d'une rivière et, lorsque les pluies hivernales permettent au ruisseau d'arriver à cette excavation, le ruisseau s'y engouffre et disparaît. Ces excavations naturelles, dont quelques-unes sont récentes, de 1890 à 1894 et 1895 sont appelées *mardelles* dans le pays. Cette dénomination existe depuis longtemps, car les plans du cadastre des communes de Verneuil et de Rueil-la-Gadelière en mentionnent une grande partie en 1836; celles qui ne sont pas mentionnées, ou bien étaient cachées dans l'intérieur des bois ou sont de date récente.

Les lieux dits des communes ci-dessus où se rencontrent ces *mardelles-entonnoirs* ont des noms caractéristiques : la *Mardelle*, les *Grandes Mardelles*, la *Mardelle au Cerf*.

L'examen de ces mardelles est très curieux; une végétation naturelle luxuriante les a envahies; les essences qui y vivent sont : le frêne. le hêtre, le chêne, le charme, le merisier, le noisetier; les ronces et les genêts les envahissent également; des arbres séculaires en indiquent l'ancienneté; heureusement que des coupes tous les quinze ou dix-huit ans permettent d'en examiner le fond; la plupart du temps, on peut reconnaître une mardelle récente par le manque d'arbres de haute futaie. Des aménagements de fossés permettent aux cultivateurs des plateaux d'y amener les égouts de leurs terres et assécher ainsi facilement celles d'un écoulement d'eau difficile; d'autrefois, les égouts des prairies s'y rendent directement et ces eaux sont perdues par les prairies en aval. *Toutes ces eaux se rendent aux sources captées par la Ville de Paris.*

Mardelles-Sources.

Nous avons dit que ces mardelles au fond des vallées devenaient quelquefois sources; leur forme caractéristique ne permet pas d'en douter; telles étaient toutes les sources captées dans la vallée de la Vigne, moins celles dites de *la Rivière*. Telles sont encore, sans qu'aucun doute puisse exister à ce sujet, les sources éphémères ou fontaines suivantes :

Lesieur, 2; Gonord, 3; Garenne, 4; du Poteau, 2; du Gril, en face la Chabotière, 2; d'une autre appelée *trou Marvin*, 1; de trois au pied de la route de Mortagne, en face Charvigny, 3; et d'une dernière celle du Gros-Chêne, 1, en aval de la ferme de la Lambergerie.

L'eau émerge par de véritables cheminées. Ces *mardelles-sources* sont au nombre de 7 dans le bassin de la Vigne et 20 dans le bassin de l'Avre sans compter 2 ou 3 autres insignifiantes.

Les 5 premières sont éphémères; les autres, à une altitude de plus en plus élevée, ne coulent que trois ou quatre mois, mais dans les hivers à pluies copieuses.

Bétoirs.

Disons tout d'abord que ce mot est féminin dans le pays; sa signification est boit-tout; il y aurait plus de raison de le masculiniser, et, pour supprimer les doutes, de supprimer l'e muet.

Le bétoir n'est formé que par le manque de la zone protectrice

que nous avons indiquée plus haut; tourbe de prairie de 0,60 *m* réduite à quelques centimètres et suppression de l'argile d'alluvion jaune reposant sur le gravier perméable du fond de la vallée qui n'est autre chose que de l'argile à silex où il ne reste plus que les silex; le bétoir ou boit-tout est donc une érosion superficielle *de haut en bas*, mettant à nu le caillou d'alluvion du sous-sol de la vallée; la mardelle-entonnoir, au contraire, provient d'une érosion souterraine de la marne avec dissolution ou corrosion du carbonate de chaux à l'état de bi-carbonate, *de bas en haut;* le bétoir n'a pas de forme, peu de profondeur, de 0,10 à 0,40 *m*. Telles sont les différences caractéristiques.

Mardelles-bétoirs.

Il est arrivé quelquefois que la mardelle-entonnoir, au lieu de se produire en pleine prairie, se crée dans le ruisseau même et la mardelle devient absorbante; c'est la mardelle-bétoir conservant sa forme caractéristique d'entonnoir. Ces endroits sont assez difficiles à visiter à cause de la végétation broussailleuse qui les a envahies et des vipères qu'on y rencontre. Les habitants de ce pays donnent avec raison à ces excavations spéciales absorbant l'eau, le nom de *gouffres*. C'est la mardelle-bétoir. Tel était, avant son oblitération sur le ruisseau de Saint-Maurice, le gouffre aux trois noms du Raccroc, de la Blottière et de trou d'Arlet. Tels sont le *gouffre de Boissy*, à 300 *m* en aval du chemin des Landes à Boissy et les *deux gouffres du Souci*, sur le ruisseau du Belloy, en face de ce hameau. La prairie limitrophe est un *véritable champ d'effondrement*, avec mardelles-entonnoirs et affaissement général du terrain; telles aussi les mardelles-bétoirs des prairies d'Armentières et de Chennebrun, points excessivement remarquables de l'effondrement du sous-sol.

Mardelles-bétoirs-sources.

Ce cas tout particulier d'un entonnoir d'effondrement pouvant être, selon le niveau piézométrique, mardelle-bétoir et mardelle-source, existe en aval de la ferme de la Lambergerie, au lieu dit Bétoir du Gros-Chêne. Il est mentionné sur les plans du cadastre comme trou pouvant absorber de l'eau ou en recevoir. Les bétoirs de la Lambergerie, à peu de distance, ont joué autrefois le même rôle avant leur oblitération.

Mardelles-entonnoirs caractéristiques.

L'une est dans la vallée de la Vigne, à 40 *m* environ de la source du Chêne, du groupe du Nouvet captée par la Ville de Paris; elle est dans la prairie et reçoit les eaux de ruissellement des terres labourées du coteau, sans qu'aucune protection existe à ce sujet; d'autres sont aussi dans ce cas.

Ailleurs, on rencontre deux mardelles-entonnoirs qui, par leur rapprochement, donnent en plan la courbe si connue de la *lemniscate;* ici, nous verrons la mardelle restée à l'état de puits rond vertical; là, ce même puits a pris des talus excessivement raides de 60°; plus loin, la mardelle-type, c'est-à-dire l'entonnoir à base circulaire et talus à 45°. Enfin, au Boulai-Gras, commune de Verneuil, à 1 600 *m* de la route de la Ferté, on peut voir deux mardelles, l'une très ancienne, de 24,10 *m* de diamètre, 6,70 *m* de profondeur, 1 450 m^3 de vide, et une autre de 200 m^3 qui s'est formée, vers 1840, à 54 *m* de la première qui est au sommet du plateau. Ce plateau s'est affaissé de plus de 1,50 *m* à la mardelle; cet affaissement disparaît au bout de 100 *m* environ. La capacité de la mardelle d'une part, l'affaissement du plateau d'autre part, indiquent donc des vides souterrains de beaucoup supérieurs. Cette grande mardelle, la petite et une autre située à 380 *m* de distance, de plus de 2 000 m^3 de vide, reçoivent les eaux d'égout des terres.

Formation des mardelles.

Notice de M. Bonnin sur l'Iton. — L'un de nos Collègues, décédé, M. René Bonnin, dans un opuscule daté de 1867, que l'on trouve dans notre bibliothèque, s'est occupé de la question des entonnoirs d'effondrement pour la rivière d'Iton, voisine de l'Avre, à l'endroit du Sec-Iton. Il cite le fonçage infructueux de deux puits à marne, où l'eau envahit le puits au moment du contact avec la marne, puis celui d'un puits à marne où les ouvriers furent obligés de déguerpir au plus vite, sentant le sol crouler sous leurs pieds; la voûte qui recouvrait un canal souterrain s'était subitement affaissée, et laissait voir à 18,70 *m* au-dessous du sol et 5,50 *m* au-dessous du fond de la rivière, une véritable rivière qui, jaugée en 1862, lors des travaux, par M. Picquenot, Ingénieur des Ponts et Chaussées à Évreux, débitait alors envi-

ron 300 *l* par seconde. C'est une série de rivières souterraines, comme celle rencontrée qui forme les sources de la Bonneville, près Évreux.

Un pays qui s'effondre. — Notre Collègue cite toute une série d'entonnoirs d'effondrement gigantesques, dont l'un avait 16 *m* de profondeur sur 70 *m* de diamètre, avec talus à 45°, soit *environ 30 000 m*³. On est stupéfait par des vides aussi considérables que des cathédrales, qui indiquent un sous-sol profondément excavé, et l'on peut dire de cet endroit, comme de ceux de Rueil et de Verneuil, avec des causes lentes, extrêmement lentes, que c'est un *pays qui s'effondre.*

Nos eaux souterraines coulent donc au milieu d'une masse turonnienne fissurée, où chaque excavation de la superficie est un véritable jalon sur la ligne que parcourent les eaux. L'immensité des vides nous permet de juger de l'importance de ces réservoirs souterrains qui servent de régulateur pour l'alimentation de nos sources.

Cas divers. — La nature elle-même, par l'examen des faits superficiels, va nous révéler ses secrets.

1° Avons-nous une excavation souterraine faible? Il se produit un puits cylindrique vertical, commune de Rueil, château de la Courangère, par Boissy, prairie de Petiteville, commune de Chennebrun.

L'excavation est-elle excessivement faible? le puits, au lieu d'avoir 3 ou 4 *m* de diamètre, 3 à 5 *m* de profondeur, aura 1,50 *m* de diamètre et 1,10 *m* de profondeur.

Exemple : mars 1895, à 200 *m* du passage à niveau du chemin de fer de Verneuil à la Ferté-Vidame, route de la Ferté, commune de Verneuil, à 1 *m* de la clôture;

2° L'excavation souterraine est-elle assez élevée, mais faible en dimensions transversales? il se produira le puits de 4 à 5 *m* de profondeur, avec talus à 60° (Quettey, commune de Saint-Victor);

3° L'excavation a-t-elle des dimensions suffisantes en hauteur, en largeur et en longueur? l'entonnoir se produit avec des dimensions plus ou moins grandes. C'est la majeure partie de nos mardelles;

4° Deux excavations souterraines contiguës et séparées par une partie pleine qui a résisté à l'érosion suivie de corrosion ou

dissolution existent-elles? on aura deux mardelles à la superficie ou, nettement séparées, ou se rejoignant, et formant à la superficie la lemniscate, ou une mardelle à deux fonds, ayant la forme elliptique ou plutôt l'un des cas de la lemniscate (Rueil);

5° L'excavation a-t-elle une extrême importance? il se formera à la superficie des mardelles de 1 000 à 2 000 m^3 et davantage, avec affaissement général des terrains environnants, sans fente à la superficie (Boulai-Gras);

6° Y a-t-il souterrainement une série d'excavations séparées par des piliers de plus ou moins grande dimension? on aura alors une série de mardelles plus ou moins rapprochées (Rueil);

7° Enfin, il se produit, par suite d'excavations souterraines insuffisantes, des puits d'éboulement dont le foisonnement est suffisant pour que le mouvement n'atteigne pas la superficie. Tel est le cas général.

Les eaux qui pénètrent dans les diaclases de la marne, élargissent leur passage peu à peu; les diaclases deviennent des fentes, des canaux, des grottes, des cavernes, sous l'influence de l'érosion sous pression qui facilite la corrosion ou dissolution du carbonate de chaux de la marne à l'état de bi-carbonate, avec l'action de l'acide carbonique dissous naturellement dans l'eau d'infiltration. En passant dans les interstices de la masse turonnienne, l'eau abandonne ses éléments ferrugineux et alumineux, fixe de l'acide carbonique qui vient aider à la dissolution de la masse. La dissolution, qui est la seule cause des vides produits, est très active; l'eau entrée marque, au maximum, 6° hydrotimétriques; elle marque beaucoup moins quand c'est de l'eau de ruissellement, 3°5; elle en sort avec 18°; de là, formation sous l'influence prépondérante de la dissolution, de vides atteignant des proportions incroyables et, lorsque le toit se trouve trop affaibli, il s'effondre, laissant à nu l'argile à silex qui se trouve désagrégée par l'eau sous pression qui s'infiltre en tous sens, délayant l'argile, ne laissant plus que le silex, et l'effondrement se produit; le talus, à la superficie, se fait en peu de jours avec des terres humides.

La formation de la mardelle-entonnoir peut être présentée d'une façon encore plus tangible. Partant de ce principe que l'argile à silex n'est que de la craie décalcifiée, on fait remarmarquer par des faits reconnus, tant dans les diverses tranchées à marne de nos voies ferrées que dans les travaux de l'aqueduc de l'Avre à Paris, que cette argile à silex, en se ravinant, a pro-

duit dans la craie des ravinements et des poches. La décalcification ne serait pas un phénomène terminé; ce serait une action toujours continue et incessante de formation d'argile à silex par les eaux de superficie filtrant à travers l'argile à silex, quelquefois difficilement, mais la plupart du temps avec facilité, dissolvant de *haut en bas* le calcaire de la marne et s'échappant par les diaclases.

D'une part les eaux souterraines agrandissent par érosion sous préssion, et surtout par dissolution, les cavités dans lesquelles elles circulent, de bas en haut; d'autre part, les eaux d'infiltration dans l'argile à silex approfondissent incessamment, de haut en bas, les ravins ou poches de la craie en formant de l'argile à silex; il arrive un moment où la poche produite dans la craie par l'action descendante des eaux d'infiltration se trouve en contact avec l'excavation produite dans la craie fissurée par voie ascendante; la fissure s'augmente par les deux actions réunies, et lorsque la base de la poche est assez large et que la cavité souterraine dans la craie est assez vaste, l'effondrement se produit; l'eau sous pression agira de suite sur l'argile à silex, et un puits de 2 à 4 *m* de diamètre sur 23 à 30 *m* de hauteur se sera formé; par suite des arrachements produits, les parties en surplomb s'ébouleront, faciliteront de nouveaux éboulements partiels; quant au talus il se formera avec rapidité, surtout en hiver; il suffit d'avoir vu des tranchées en exécution dans l'argile à silex.

Mardelle de 1182. — Comme fait curieux, il existe à Verneuil la légende religieuse suivante :

« En 1182, tandis qu'une procession se faisait dans la ville » pour écarter un fléau quelconque, plusieurs jeunes gens et » jeunes filles en dérision de la cérémonie, s'étaient mis à » danser en un certain endroit : pour les punir, l'enfer les en» gloutit : de là le nom de Gueule d'Enfer à l'endroit de la catas» trophe. » Or, il se pourrait qu'à l'endroit même il se soit formé subitement une mardelle, c'est-à-dire un vaste entonnoir d'effondrement, phénomène naturel qui à cette époque reculée, a été pris pour une vengeance divine. Cette explication est d'autant plus plausible que cet entonnoir aurait existé entre les mardelles-sources dites Gonord à 700 *m* de distance en amont et une autre mardelle-source, de l'ancienne propriété Ferney, à la Porte de France dite porte de la Ferté-Vidame, bouchée, Il y a quel-

ques années, à 300 *m* de la Gueule-d'Enfer. Il n'y a que cette seule explication plausible de ce fait, dont les chroniqueurs religieux avaient pris note avec soin, et qui fait partie de l'histoire locale de Verneuil. Les choniques l'attribuaient à un tremblement de terre qui n'a jamais eu lieu ; le bruit du tremblement de terre ayant été le bruit produit par l'effondrement.

Or, vers 1850, se forma par effondrement, et grand bruit, à la suite d'un hiver très pluvieux, la mardelle-source, dite trou Marvin, de 12 *m* de diamètre, en pleine prairie de la rivière d'Avre, c'est-à-dire dans les circonstances de la légende.

Nous arrivons donc, avec l'examen détaillé de la superficie et le raisonnement, à prouver qu'il existe par les mardelles-sources de la vallée d'Avre, véritables cheminées naturelles de communication entre le terrain perméable du sous-sol de la vallée et les fissures de la marne turonnienne, de larges passages souterrains allant aux sources de Rueil, y amenant par suite l'eau de la nappe des graviers de la vallée d'Avre, de la vallée du Buternay et des vallées secondaires et que ces sources drainent l'eau des plateaux de toute la région par l'intermédiaire des vallées.

8° Calcul de la quantité de marne dissoute annuellement, expliquant l'importance des vides souterrains.

Le captage et l'adduction des sources de la Vigne et de l'Avre s'est fait avec un seul essai chimique. La note technique de M. l'Inspecteur général Humblot, insérée par M. Gadaud dans son rapport parlementaire de 1889, s'exprime ainsi :

« Le degré hydrotimétrique de l'eau de l'Avre est de 7° 4 cor-
» respondant à 34 *mg* de chaux par litre, celui des sources est
» de 17° 6 correspondant à 75 *mg*. »

Si des essais chimiques eussent été faits à diverses époques de l'année, on eût trouvé que ce degré hydrotimétrique de 17° 6 varie entre 12° 7, deuxième quinzaine de mars 1897, et 19° 2, deuxième quinzaine de septembre 1898, soit entre 64 de chaux et 94, d'après les essais de M. Albert Lévy, Directeur de l'Observatoire municipal de Paris.

La moyenne pour 1897 a atteint 16° 3 et 82 *mg* pour la chaux. Nous partirons de cette moyenne et d'un débit moyen constant de 90 000 m^3 par jour pour toutes les sources.

La quantité de chaux CaO dissoute par litre entre le point d'absorption et le point d'émergence est de $82 - 36 = 46$ *mg*.

En employant les poids atomiques, Ca = 40, O = 16, C = 12.

CaO représente $40 + 16 = 54$: Co^3Ca représente

$$12 + 3 \times 16 + 40 = 100.$$

Les 46 *mg* représenteront donc $\frac{100 \times 46}{56}$ de carbonate de chaux par litre, soit pour les 90 000 m^3 quotidiens :

$$\frac{100 \times 46}{56} \times 90\,000 = 7\,393 \text{ } kg \text{ ou } 7{,}393 \text{ } t,$$

soit, par année de 365 jours, 2698 tonnes.

La densité de la marne étant de 1600, on a donc une dissolution de $\frac{2{,}698}{1{,}600} = 1\,686$ m^3 annuels.

Si nous tenons compte seulement de 16 0/0 d'argile dans la composition de la marne turonnienne, le nombre de mètres cubes disparus par dissolution est donc de $\frac{1{,}686}{0{,}84} = 2\,000$ m^3, soit par siècle 200000; ce nombre est un minimum, car l'eau de l'Avre supérieure marque, en temps de pluie, beaucoup moins de 7°4 hydrotimétriques, 3°5.

On peut donc affirmer que depuis la période quaternaire jusqu'à aujourd'hui, toute la partie du territoire que nous étudions est minée, qu'il y a des cavités incommensurables qui expliquent des vides de 2500 m^3 dans le bassin de l'Avre, de 30000 m^3 pour une seule mardelle de l'Iton, et de 30000 m^3 pour tout l'ensemble des mardelles de l'Avre que j'ai reconnues.

Il est évident que cela fonctionne depuis les derniers temps géologiques et qu'on peut négliger absolument la marne employée pour l'amendement des terres. Il peut arriver, dans la suite, une série d'effondrements et, d'ores et déjà, on peut signaler cette partie de la France comme un *pays qui s'effondre*.

9° Explications sur la concentration des mardelles-entonnoirs aux abords des sources et des mardelles de sommet des plateaux.

Les sources sont des exutoires de trop-plein de la masse liquide qui circule dans le sous-sol des vallées et dans la craie turonienne.

Les sources de Rueil débitent 740 *l* à 1 400 *l* par seconde, soit de 64000 à 120000 m^3 en vingt-quatre heures; la plupart de ces sources ne sont desmarequelldes-entonnoirs, qui une fois formées, ont produit une dépression dans tout l'ensemble de la canalisation souterraine. Par suite de cette dépression, les canaux se sont élargis et les ruisseaux souterrains ont modifié leurs cours, attaquant et dissolvant la marne aux points les plus faibles dans la direction des sources. Ce sont donc de véritables ruisseaux qui viennent alimenter les cheminées d'effondrement.

Le passage sous les plateaux est général, mais là, où se sont manifestés les effondrements, il est notoire qu'il y a de larges passages pour l'eau, des réunions de fissures servant de passage facile. L'eau est sous pression, environ 10 *m*; le travail d'érosion se trouve faciliter l'action de corrosion, c'est-à-dire l'action chimique de la dissolution du carbonate de chaux, de sorte que les cavités et fissures souterraines ne se comblent pas, mais augmentent toujours et peuvent atteindre des vides correspondant à nos grands édifices. Le débit des sources de la vallée d'Avre proprement dite, étant négligeable vis-à-vis des sources de la Vigne, (deux seulement le Breuil et Poelay étant pérennes), la majeure partie des eaux de la marne et du sous-sol des vallées se dirige donc sous les plateaux par suite de l'appel énergique, c'est-à-dire de la dépression produite par les sources, en rayonnant vers les sources. Les mardelles-sources sont en communication directe avec le sous-sol de gravier perméable de la vallée surtout et avec la marne turonienne; les mardelles-bétoirs absorbent les eaux de ruissellement; ces eaux sont conduites directement dans les cavités de la craie marneuse par les cheminées d'effondrement, qui leur offrent un passage plus facile que le gravier de la vallée; les eaux parcourent les fissures de la marne turonienne et, après un parcours plus ou moins sinueux ces eaux en ressortent par les mardelles-sources, après avoir dissous du Co^3Ca. Les bétoirs absorbent également l'eau de ruissellement; ces eaux se filtrent dans le gravier aquifère, descendant dans la marne turonienne par les fissures qu'elles rencontrent dans le fond de la vallée, ou vont directemant aux sources naturelles non produites par des effondrements, en se mélangeant avec des eaux sorties des fissures de la craie et riches en Co^3Ca; dans le premier cas les eaux sont insuffisamment filtrées quand il y a de fortes absorptions; la matière organique et les bactéries sont imparfaitement détruites; dans le second cas, la filtration capillaire détruit la matière or-

ganique et les bactéries; on aura donc des sources de qualités différentes. Tel est le cas de la source du Breuil, qui est la source la plus pure de toutes celles captées.

Tel est le mécanisme simple des eaux souterraines de la craie.

III

HYDROGRAPHIE DE L'AVRE ET DE SES AFFLUENTS

Généralités *(fig. 1)*.

L'Avre est une rivière qui, autrefois, a servi de limite entre le duché de Normandie et le royaume de France; elle passe au pied de la ville de Verneuil, station de la ligne de Paris à Granville, à 118 *km* de Paris. De tout temps, sauf après les pluies d'hiver et les fontes de neige, la rivière cessait de couler au lieu dit la Lambergerie, à 6 *km* en amont de Verneuil. C'est une erreur du rapport parlementaire Gadaud et du livre *des Abîmes* de M. Martel, d'écrire que la rivière réapparaît dans son lit à 1 *km* en amont de Verneuil. Cet endroit est à sec en été, et si l'on y voit quelque fois de l'eau, c'est par la levée abusive d'un vannage de retenue d'une rivière artificielle qu'y amena vers 1130, Henri Ier, duc de Normandie, roi d'Angleterre, le troisième grand Ingénieur militaire après Alexandre-le-Grand et César. En effet, il dériva la moitié des eaux de la rivière d'Iton qui passe à 8 *km* de Verneuil pour l'amener dans les fossés de cette ville, qu'il venait de fonder d'un seul jet. Cette rivière, dite Bras Forcé de l'Iton, est un véritable canal passant sur le plateau et venant se réunir à l'Avre à Baslines, à 4 *km* en aval de Verneuil. Dans les fortes chaleurs de l'été, l'Avre ne reparaît à présent qu'au dessous de la source du Breuil captée par la Ville de Paris, par la source de la Valette, et les sources en aval, les sources amont ne coulant plus en octobre. Le nombre de rivières qui se perdent dans leurs alluvions ou disparaissent dans la craie est considérable; dans l'Eure, on peut citer l'Avre, l'Iton, la Rille et le Lesme; c'est, ainsi qu'on le voit, un département remarquable sous ce rapport. L'Avre et ses affluents prennent leur source dans la forêt du Perche, les bois de Chérencey et la forêt de la Ferté-Vidame, le tout dominé par le faîte des collines du Perche qui sépare en ces points le bassin de la Seine du bassin de la Loire.

L'Avre proprement dite apparaît à l'altitude 270, au pied du

mont Rubertré, dans l'Orne, près de la Trappe; l'Avre et ses affluents, à partir de leur origine, coulent sur des terrains à peu près imperméables qui sont des alluvions argilo-sableuses, tourbeuses à la superficie. Les affluents de gauche, sauf celui de Gournay de 16 *km* de longueur, sont tous torrentiels; le fond de ces vallées secondaires est peu perméable. On y trouve le plus généralement une couche argilo-sableuse jaune, terre à brique de 0,60 *m* d'épaisseur avec une couche de gros silex empâtés dans une argile glaiseuse ; aussi la vallée d'Avre est-elle exposée à des inondations appelées *avalaisons;* ces eaux torrentielles s'appellent eaux sauvages. Le ravin de Gournay, depuis cet endroit jusqu'au débouché dans l'Avre, à la route de Verneuil à Mortagne, fait exception; ces eaux sauvages s'absorbent sur tout son parcours par le terrain perméable du fond de la vallée et parviennent rarement dans l'Avre, ainsi que peut l'attester non seulement la vue du fond de cette vallée secondaire, mais encore l'expérience de M. Valpinçon, maire des Barils, propriétaire du débouché du ravin et habitant le pays. Cette partie avait été négligée comme jaugeages par les Ingénieurs de la Ville de Paris qui n'attachaient aucune importance aux eaux absorbées par ce ravin, qui apparaît au-dessous des lieux d'absorption de la vallée d'Avre. Or la superficie de ce bassin secondaire est d'environ 4 500 *ha* et celle des autres vallons de Mandres, de Pullay, du val Du Boulay de 3 100; ces derniers agissent sur les nappes phréatiques de Verneuil qu'ils alimentent et très peu directement sur les eaux qui traversent la craie. Nous y reviendrons.

Les affluents de droite sont, sauf quelques exceptions, des ruisseaux pérennes.

Avre proprement dite.

L'Avre proprement dite va en augmentant de volume à partir de ces sources provenant en majeure partie de l'argile à silex, alimentées par les infiltrations du sol dans les parties perméables, d'un peu d'eau provenant de la couche des sables du Perche et très peu des fissures de la craie turonienne ; elle alimente une suite de neuf étangs étagés dont la plupart ont des sources de fond nombreuses. Une masse de petites sources comme à Randonnai et à Irai, alimentent la rivière. Ce sont les sources naturelles ou de tête de l'Avre; en aval elle en reçoit une, celle de Beaulieu. L'Avre entre dans l'Eure à Chennebrun où commençaient les

pertes par son lit jusqu'en 1896 pour se terminer à la Lambergerie où l'Avre avait complètement disparu par les bétoirs situés au fond du lit ou du bord de la rivière. Ces bétoirs, dans la rivière, sont des dépressions peu importantes, sans forme, ne modifiant en rien le fond comme sur le ruisseau du Belloy, en amont des gouffres, du ruisseau de Buternay, du Lamblore, et des Evis. La couche protectrice disparaît et met l'eau en contact avec le gravier d'alluvion. On a appelé à tort bétoirs des excavations circulaires situées dans les prairies de Chennebrun et d'Armentières qui étaient et sont encore de véritables gouffres, c'est-à-dire de véritables entonnoirs d'effondrement devenant mardelles-bétoirs, en cas d'inondation. Un rapport au conseil municipal de Verneuil, du 6 février 1836, indique, en effet, sur la commune de Chennebrun la présence d'anciens gouffres de 10 *m* de profondeur, tous circulaires, mais dont nous pouvons réduire la hauteur de moitié; on les remplissait de bourrées et de pierres, puis de terre au-dessus posée sans soin, ce qui ne pouvait empêcher de continuer les eaux à s'y perdre. C'était une méthode générale.

Les bétoirs de la rivière d'Avre ont été oblitérés par le service des Ponts et Chaussées de l'Eure en 1897; il reste donc les mardelles-bétoirs qui, en temps d'irrigation ou d'avalaison, continuent à absorber les eaux superficielles. Aucun travail d'oblitération n'a été fait dans les départements limitrophes de l'Orne et d'Eure-et-Loir. Le bétoir du moulin de Pelle s'était formé par les eaux des vannes de décharge débouchant en aval du moulin. En décembre 1891, j'ai pu faire absorber, avec une charge de 80 *cm* d'eau au point le plus bas, pendant cinq minutes, sur une superficie d'environ 4 m^2, 90 m^3, en levant les vannes de décharge, soit environ 300 *l* par seconde. Ce bétoir était exceptionnel comme la mardelle-bétoir de la Blottière, qui n'était franchie qu'après un débit supérieur à 300 *l*, c'est-à-dire en inondation. Les bétoirs habituels absorbent de 10 à 30 *l*.

Ruisseau de Saint-Maurice.

Le premier affluent de l'Avre, dit rivière de Saint-Maurice, débouche dans l'Avre en aval de Chennebrun. Ses tributaires sont le ruisseau de Ruth de la carte d'état-major, le *Ru* pour les habitants, le ruisseau de Sainte-Nicole, celui de la Poterie, de Malnöe et le torrent de la Haudière et l'eau de quelques plis secondaires.

Ruisseau de Ruth. — Ces eaux se perdent dans trois bétoirs, à fond de silex, de 0,20 *m* de profondeur. Elles se trouvent en amont du confluent de ce ruisseau avec celui de Sainte-Nicole. Le Ru ne coule qu'à la suite des pluies d'hiver, de fonte de neige, en aval des bétoirs. Le 1er janvier 1899, un aqueduc plein cintre de 1,50 *m* d'ouverture et de 0,80 *m* sous clef a été insuffisant à débiter l'eau que les bétoirs aval n'ont pu absorber.

Ruisseau de Sainte-Nicole. — C'est un ruisseau pérenne alimenté par sa source d'origine et par les sources de fond des quatre étangs de Mansuette, Fortibert, Rudeland et de la Motterouge. A son confluent avec le Ru, au hameau de la Vallée, il se perd dans son lit, où l'on voit quatre bétoirs; la prairie limitrophe est un véritable champ d'absorption au moyen de quatre bétoirs, qui pourraient être des mardelles-bétoirs bouchées depuis longtemps, mais dont la forme ronde ne paraît laisser aucun doute; cet endroit serait donc caractéristique au point de vue de l'effondrement, de l'absorption en tout cas; les bétoirs du lit n'ont pas cette forme; elles ont de 0,20 *m* à 0,50 *m* de profondeur au-dessous du lit du ruisseau. Ces deux ruisseaux, en cas de fonte de neige brusque, peuvent débiter, pendant quelques heures, jusqu'à 1000 *l* par seconde.

Ruisseaux de la Poterie et de Malnoë. — Le premier est alimenté par deux sources principales, le second par une et tous les deux par de petites sources latérales; ils sont pérennes. Réunis, ils prennent le nom de rivière de Saint-Maurice et ce dernier reçoit le trop-plein en avalaison du Ru et du ruisseau de Sainte-Nicole. Jusqu'en 1897, ses eaux se perdaient au gouffre du Raccroc, ou de la Blottière, qui était une mardelle-bétoir d'effondrement pouvant absorber jusqu'à 300 *l*. Un entonnoir d'effondrement, encore visible, démontre le fait.

Ruisseau de la Gohère. — Ce ruisseau éphémère est la réunion du ruisseau du Belloy, pérenne, du trop-plein de l'étang du Haut-Plain et du trop-plein de l'étang de la Falarde.

Le ruisseau du Belloy, alimenté par des sources de fond de l'étang du Belloy et de nombreuses petites sources au-dessus de Moussonvilliers, a des pertes légères par des bétoirs de son lit, suivies de deux gouffres dans le même ruisseau, qui sont les *mardelles-bétoirs* du Souci.

La forme mardelle est non seulement caractérisée par ces deux

excavations mais, dans la prairie de droite, à 50 *m* environ du gouffre, se trouve une mardelle-entonnoir qui en complète la démonstration; quatre autres excavations, dont deux peu importantes, démontrent un effondrement du terrain avec léger affaissement général. Ce lieu *est donc un endroit caractéristique.* L'eau franchit ces gouffres en hiver, reçoit les eaux du torrent du Haut-Plain, puis passe à la Guilminière, où se trouve un affleurement de conglomérat avec une source, à la Corbière et s'unit avec les eaux du vallon de la Gohière pour aller se jeter dans l'Avre, à Saint-Victor; à la réunion des deux vallées, il y a des sources pérennes, à écoulement insignifiant, qu'un approfondissement et des fossés d'écoulement feraient couler dans le ruisseau de la Gohière, à fond perméable depuis l'étang du Haut-Plain et avec des parties très perméables avant d'arriver à l'Avre. Les pluies d'hiver seules y amènent de l'eau.

Quatre autres vallons à fond demi-perméable, le vallon de Maurepas, le vallon du Boulai-Gras, les plis de la Puisaye et du Baudry, amènent les eaux des terrains cultivés du plateau dans la vallée d'Avre. Un bétoir est en formation dans celui du Boulai-Gras, permettant de voir le gravier perméable.

Rivière de la Vigne. — Ce troisième affluent, de 2 600 *m* de longueur, était formé par les quatre groupes de sources des Foisys, des Graviers, d'Érigny et du Nouvet; trois vallées aboutissent à la rivière de Vigne : les vallées du Buternay, de la Chapelle-Fortin et de Lamblore.

Ruisseau du Buternay. — Le ruisseau est le nom de la vallée : il prend sa source à une des limites de la forêt de la Ferté-Vidame, traverse l'Étang-Neuf, où des sources de fond l'alimentent, et n'a comme tributaire que l'eau torrentielle venant par de très courts plis de terrain; il ne fait plus tourner que deux moulins sur quatre; à partir du troisième, dit moulin du Bluet, il se rencontre dans le lit du ruisseau sept points d'absorption bien déterminés, bétoirs de fond de rivière. A Boissy-le-Sec, ce qui reste du ruisseau, après avoir alimenté un lavoir, disparaît à 500 *m* en aval, à 40 *m* environ du cimetière situé à flanc de coteau, dans un bétoir du ruisseau de 3 *m* de longueur et de 0,15 *m* de profondeur; en été, l'eau disparaît 1 500 à 1 800 *m* en amont. Cette année, fin août, les habitants ont oblitéré le bétoir le plus important et l'eau est revenue au lavoir, d'où elle sort contaminée pour disparaître dans le bétoir.

Au-dessous du bourg de Boissy-le-Sec, dans le ruisseau se trouve un *gouffre* ayant tous les caractères des entonnoirs d'effondrement; c'est une *mardelle-bétoir*, talus raide, forme ronde, 1,70 *m* au-dessous du fond du ravin. Les pluies copieuses et les fontes de neige rapides parviennent à franchir ce point d'absorption qui est à 5,500 *km* des sources; le fond de la vallée, très perméable, le reste ainsi jusqu'à 3 *km* des sources, où l'eau arrive ainsi dans le lit de la Vigne que l'on a aménagé pour éviter les infiltrations.

Vallée de la Chapelle-Fortin. — Vallée torrentielle avec deux sources fournissant, l'été, 1 ou 2 *l*, avec bétoir dans le lit et lit perméable jusqu'à 3 *km* des sources.

Vallée de Lamblore. — Le ruisseau a son origine aux étangs de La Ferté-Vidame; une source de fond de l'étang de Lamblore s'unit aux eaux noires de l'étang-dépotoir du bourg; l'eau disparaît au *bétoir du Haut-Chevrier* qui est le bétoir ordinaire; une tuyauterie en amont du bétoir permet d'envoyer de l'eau au lavoir de Morvilliers; en été, elle n'y parvient pas, se perd avant; en hiver, du bétoir du Haut-Chevrier, à Morvilliers et au delà, se rencontrent dans le lit de nombreux points d'absorption. Les pluies hivernales arrivent difficilement, même en hiver, à amener l'eau superficielle aux abords des sources et si, aux sables de Fontainebleau, le coefficient d'absorption est bien près de 100 0/0, l'examen de ces trois vallées permet de croire à une absorption au moins égale à 25 0/0 de l'eau tombée, soit une hauteur d'eau de 0,134 *m* sur 11 000 *ha* qui, rapportée à la seconde, donnerait un débit moyen aux sources de :

$$\frac{0{,}264 \times 11\,000}{365 \times 86\,400} = 457\ l \text{ par seconde.}$$

Notons, en passant, que les pentes de ces diverses rivières, depuis leurs sources de tête jusqu'aux sources captées, sont de :

Ruisseaux de Lamblore et de La Chapelle . . .	7,7 *m*
Ruisseau de Buternay	5,8
— de la Gohière	5,7
De l'Avre, par Saint-Maurice	4,8
— par Randonnay	4,1

IV

ÉTUDE DU SOUS-SOL DES VALLÉES

On ne conçoit l'étude du sous-sol que par les moyens suivants :

Forage d'un puits ; sondage ; captage d'une source, fondation de pont.

Étude par fonçage de puits. — Les vallées de l'Avre et de ses affluents principaux sont des vallées d'érosion ; entre le sommet d'un plateau et le fond de la vallée, il y a 20 *m* au maximum ; la marne se trouvant sous le plateau à 29 au maximum, il y aurait donc, s'il n'y avait pas eu érosion 9 *m* à étudier.

Aucun puits en pleine vallée n'existe autre que le puits de Morvilliers, de 8,15 *m* de profondeur, qui recoupe à 3 *m* le gravier aquifère et reste dans ce gravier, et les puits de Moussonvilliers dans le même cas. M. Martel, dans son ouvrage *les Abîmes*, trouve que la nappe aquifère a 6,20 *m* d'épaisseur et serait à 2,20 *m* du sol. Il faut convenir que, pour avoir traversé 6,20 *m* de gravier aquifère, avec un épuisement au seau, la nappe devait bien peu fournir et le peu qu'elle a pu fournir a empêché le puisatier de foncer le puits. Le puits ayant 8,15 *m* a rencontré la nappe à cette profondeur, qui est remontée de 6,20 *m*, mais cela n'a pas du tout déterminé l'épaisseur de la couche aquifère. Du reste, tout puisatier, avec épuisement au seau, s'arrête avec un épuisement de 2000 à 2200 *l* en vingt-quatre heures.

Le renseignement est insuffisant. Il faut donc s'adresser aux sources.

Renseignements par les sources. Coupe a la source du chêne de Rueil. — L'aqueduc partant de la source du Chêne, dernière du groupe du Nouvet, capté, donne un type général dans sa coupe longitudinale, *(fig. 1)*. Ce type s'applique à toutes les sources de Rueil.

Tourbe, argile jaune, argile avec cailloux siliceux, gravier et sable.

Dans certaines places, des sables mouvants soulevés par l'eau.

Les sources de Rueil étant pour nous, sauf les sources de la rivière, des *mardelles-sources*, c'est-à-dire produites par effondre-

ment, l'eau vient par cheminées, par bouillonnements; le bord de la source était toujours au niveau de la vallée, jamais en contre-bas, les canaux d'écoulement à la suite de la source sont tous artificiels, créés de main d'homme. Le débit est toujours de beaucoup supérieur aux autres sources non créées par effondrement.

La source du Breuil, source captée, est au contraire une source à faible débit, 90 *l;* mais un exutoire naturel du trop-plein de la nappe souterraine, placé en contre-bas de la rivière d'Avre dans le profil transversal de la vallée en ce point, et ayant son thalweg particulier naturel, tandis que les canaux d'écoulement des

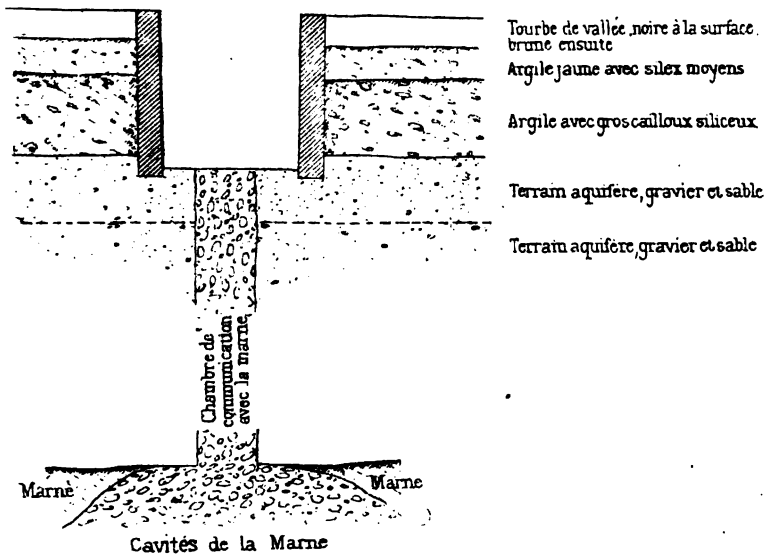


Fig. 1. — Source de Rueil.

mardelles-sources n'ont pas de thalweg. mais un canal d'écoulement artificiel. Avant la création de ces fossés, toutes les mardelles-sources formaient étang, lagune, où il y avait partout la même profondeur. Au Breuil, comme au Petit Launay, comme à Poèlay, les débits sont faibles, 90 *l*; il n'y a aucun bouillonnement; l'eau surgit sur une grande surface et, enfin, la forme d'entonnoir, caractéristique des mardelles-sources n'existe d'aucune façon; l'eau sort du sable et non des vides de pierres formant cheminées, aboutissant aux cavités de la marne.

Coupe a la source du Breuil. — Le profil géologique de la source du Breuil, de la digue circulaire de glaise enterrée qui la protège et contre l'eau des irrigations et contre l'eau des inondations, fait comprendre mieux que toute espèce de description ce que c'est que le terrain aquifère sourceux qui formait ce qu'on appelait la fontaine du Breuil. On y voit le gazon tourbeux de la prairie, de la tourbe, de la glaise sans silex, de la glaise bleue, glaise de rive de la rivière d'Avre reconnue également à la source de Poêlay, de la glaise avec pierres, du gravier aquifère mélangé de sable fin, des poches de sable. Nous n'avons de renseignement que sur 4,20 *m* de profondeur, et nous n'atteignons pas la marne. Or un puits voisin, le puits du Breuil, creusé par la Ville de Paris, dont nous donnons la coupe, et qui est à flanc de coteau à peu de distance de la source nous indique ce qui suit *(fig. 2)* :

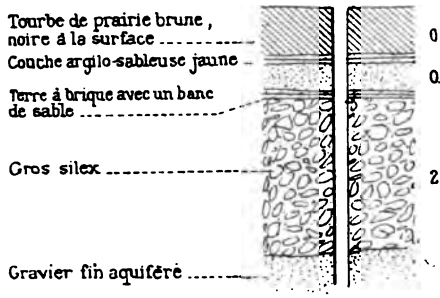


Fig. 2. — Source du Breuil.

Argile à silex avec poches de graviers et silex	10 *m*	cote 163,65
Argile à silex mêlée de veines de marne .	3,20	153,65
Marne sableuse	0,50	153,15
Marne	3,20	149,95

Cette coupe est caractéristique ; l'argile à silex mêlée de veines de marne, nous fait voir la décalcification de la marne en plein fonctionnement, la marne sableuse du dessous est un résidu de cette décalcification, puis enfin la marne vierge.

Or, la cote la plus profonde de la digue de glaise pour la préservation de la source du Breuil est 144,35, et la marne pure aurait dû se rencontrer à 153,15 ; il y a donc eu dans la vallée *une érosion de la marne sur 153,15 — 144,35 = 8,80* m *minimum.*

Il y a presque la certitude que l'érosion a atteint 11 *m* ; l'expérience des marneurs indique qu'à 11 *m* dans la marne il y a un niveau aquifère puissant qui, lorsqu'il est atteint, noie la marnière. La source du Breuil serait donc alimentée, d'une part par un courant ascendant venant de la marne sous-jacente, diaclases et

fentes et d'autre part par le courant dans le gravier aquifère de la vallée en contact avec les eaux ascendantes de la marne passant par les diaclases et les fentes. Cette source, en conséquence du long parcours d'eau dans le gravier aquifère en contact avec la marne, et de son altitude, la plus basse des sources captées, doit donc être la *mieux filtrée*, la *moins sujette aux troubles*, la *plus chargée en chaux*, la *moins chargée de bactéries et de matières organiques*.

Avec ce renseignement précieux, indiscutable de l'érosion de la marne aux sources du Breuil sur un minimum certain de 8,80 *m*, à peu près sûr de 11 *m*, nous allons remonter la vallée d'Avre sur Verneuil pour trouver de nouveaux renseignements, si possible.

Nous ne rencontrons pas d'autre source dans la vallée d'Avre avant celle de Poêlay à 2 600 *m* à vol d'oiseau de celle du Breuil et à 3 200 *m* suivant le parcours de la vallée. L'érosion de la marne existe-t-elle encore? trouverons-nous à cette source captée par la ville de Verneuil d'autres renseignements?

Avant d'y arriver, soit à 2 300 *m* en amont de la source du Breuil, nous trouvons les quatre ponts jetés dans la vallée d'Avre pour la traversée de la ligne de Verneuil à La Loupe.

Conglomérat. — Dans la note de M. Humblot, figurant dans le rapport parlementaire Gadaud, il est dit que les Ingénieurs de la Ville de Paris ont étudié la constitution géologique du bassin de l'Avre d'après les sondages exécutés pour les fondations des ouvrages d'art du chemin de fer de Verneuil à la Ferté-Vidame. J'ai demandé communication de ces sondages à M. Bechmann, Directeur du Service des eaux; malheureusement, il n'a pu retrouver ces renseignements. Nous savons donc seulement que ces ouvrages d'art ont été fondés sur un conglomérat de fragments crayeux, de gravier, d'argile et de limon, c'est-à-dire avec de la craie et les éléments de l'argile à silex remaniés. *Le conglomérat vient démontrer l'érosion de la craie en amont de ces ponts* et la *formation d'un barrage en pleine vallée.*

Le rapport Gadaud s'exprime ainsi :

« Il ressort que la ligne de faîte en se soulevant a mis en » mouvement des masses d'eau considérables qui ont, au pied » de leur chute, excavé la craie. Parmi les matières chargées » par le torrent, les plus lourdes, c'est-à-dire les silex, se sont » déposées dans l'immense fosse ainsi creusée; les plus légères, » c'est-à-dire les argiles et les débris de craie, ont été portées

» plus loin et se sont amassées en un vaste atterrissement à l'aval
» de la fosse, ainsi que cela se passe à la suite des barrages éta-
» blis dans le lit d'une rivière. »

Coupe a la source de Poêlay. — Le captage, par la ville de Verneuil, de la source pérenne de Poêlay nous a fourni la preuve de l'existence du conglomérat et par suite de l'érosion de la craie bien en amont de Verneuil.

Les fouilles exécutées jusqu'à 3 *m* de profondeur pour la pose de la tuyauterie d'aspiration et les modifications survenues lors de l'exécution nous permettent de donner quatre coupes transversales, dont l'une à la source de Poêlay. Le profil en long suivant les fouilles a démontré l'existence de ce conglomérat à 450 *m* en amont des ponts indiqués, mais en un *seul point*.

Son allure en profil en long est donc très accidentée puisqu'on le constate à la cote 156,98; et 150 *m* plus bas, à la cote 153,10, on ne le voit pas tandis que les cotes de prairie étant 158,30 et 157,60, il eût dû être constaté à la cote 156,28. Ce conglomérat présente donc de nombreux ravinements tant en profil en long qu'en profil en travers. L'eau qui le traverse passe dans un véritable filtre en se chargeant de chaux; voilà une nouvelle démonstration tendant à prouver que de la source du Breuil, sort une eau mieux filtrée mais aussi plus chargée en chaux.

Les travaux de captage de la fontaine de Poêlay font voir un terrain analogue à celui du Breuil, c'est-à-dire un mélange de gravier et sable sourceux formant un véritable réseau capillaire de filtration avec des parties non sourceuses. Là encore, il n'y a pas de bouillonnement; or là où il y a bouillonnement, il y a de larges ouvertures, une véritable cheminée aboutissant aux cavités de la marne turonienne.

Les coupes indiquent, à gauche de la vallée d'Avre, comme dans la vallée d'Eure (coupes géologiques de M. Ramond, aqueduc de l'Avre), la présence continue d'un bourrelet de glaise verte, tourbeuse, de 3 *m* d'épaisseur et 1,60 *m* de hauteur au pied du coteau. Le bourrelet constaté à la source du Breuil, rive droite, nous permet d'affirmer une coupe transversale de la vallée d'Avre identique à celle de l'Eure. Ci-joint la coupe à Poêlay et la coupe au Breuil. Notons que dans la traversée de la Vesgre par l'aqueduc de l'Avre, M. Ramond mentionne des apports sableux et de craie remaniés, qui sont le conglomérat de la vallée de l'Avre.

On peut en conclure que ce conglomérat bien reconnu existe dans la vallée d'Avre aux points signalés sans qu'on puisse avoir une idée de sa longueur ni de sa hauteur ; il démontre que la craie turonienne, qui se trouverait entre 7 et 9 *m* au-dessous du niveau de la vallée, a été érosée, mise à nu, quelquefois sur plus de 9 *m* de hauteur comme le démontre la coupe géologique de la source et du puits du Breuil. Les diaclases et les fissures de la craie mettent donc sur un long parcours les eaux des graviers avec les communications larges et faciles de la craie turonienne ; or, là où les sources ont un grand débit, 800 à 1 400 *l* aux sources captées, il y a communication directe par les cheminées entre la source et la craie ; là, au contraire, où les communications sont capillaires, sources du Breuil et du Petit-Launay, les débits sont peu variables et faibles, de 80 à 90 *l*. Ces sources paraissent être en aval du conglomérat et celles de Poêlay en amont. Ce conglomérat, avant de n'en plus parler, joue cependant un rôle curieux dans la vallée d'Avre ; en sécheresse il fait absolument barrage et oblige les eaux qu'il maintient à passer par les diaclases et fissures de la craie pour aller rejoindre par les cavités de la marne les sources de Rueil (Poêlay cote 156,85, sources de Rueil 152). La source du Breuil ne recevrait donc plus que les eaux passant à travers le conglomérat, suivant le gravier aquifère et en contact plus bas avec la marne.

Enfin à la source de Poêlay, altitude 156,85 de sortie de l'eau (148 à la source du Breuil) le débit est faible et varie de 80 à 0, 80 en crue de source.

Dans cette masse de gravier et de sable, il existe des îlots formés des mêmes éléments siliceux mais réunis par un ciment argileux et impénétrable à l'eau ; c'est ce qu'on peut appeler les parties stériles de la masse de gravier aquifère.

Étude particulière des bétoirs et sources.

Le rapporteur de la Commission parlementaire de 1889 sur le captage des sources de la Vigne et de l'Avre décrit ainsi les seuls bétoirs qu'il ait vus, ceux de la ferme de la Lambergerie :

« Le jour où votre Commission a vu l'un des bétoirs, elle a » pu constater que l'eau avait un aspect trouble et qu'il ne crois- » sait sur ses bords marécageux que des nénuphars et des joncs, » tandis que tout le monde a pu admirer les magnifiques cres- » sonnières qui recouvrent les sources. »

Niveau piézométrique. — Or le niveau de l'eau était le *niveau piézométrique* de la nappe souterraine, et si le rapporteur était venu après les pluies d'hiver, il eût vu ces mêmes bétoirs à l'état de sources, le terrain perméable du sous-sol de la vallée étant alors complètement rempli et l'eau de la nappe souterraine sortant alors par les exutoires ou vomitoires naturels qui sont les sources et les bétoirs inférieurs; les bétoirs supérieurs restent au contraire toujours à l'état de puits absorbants et on n'y voit pas l'eau refluer. Une source étant un orifice de trop-plein de la nappe souterraine, le bétoir, s'il est à faible altitude, peut devenir source; en temps ordinaire le bétoir est un véritable *regard* sur la nappe souterraine.

Qu'est-ce que le niveau piézométrique? C'est le niveau qu'atteindrait l'eau de la source emprisonnée dans un tuyau vertical assez élevé; le niveau piézométrique est variable en chaque point de la nappe souterraine et variable avec la saison; en effet, le niveau piézométrique, qui peut descendre de 10 *m* à 12 *m* au-dessous du sol (constatation que j'ai faite à la mardelle-source de la Chabotière en 1897), saison sèche, remonte en hiver au-dessus du terrain naturel.

La nappe souterraine de l'Avre et de ses affluents coule dans un terrain de transport dont la majeure partie inférieure se compose de cailloux, graviers et sables, recouvert par une couche de graviers anciens des vallées, sur les bords, à laquelle se superpose une couche argilo-sableuse de 0,60 à 0,80 *m* d'épaisseur sur laquelle s'appuie le terrain tourbeux des fonds de vallée.

Rapports entre les bétoirs et les sources. — Si nous fonçons un puits pénétrant dans le gravier aquifère de la vallée, trois cas se présenteront :

1° L'eau tendra à s'élever à son niveau piézométrique; si ce niveau est inférieur à celui du sol, nous aurons un puits ordinaire (puits de Morvilliers, puits de Moussonvilliers, puits des nappes phréatiques); or, ce puits est un bétoir; nous pouvons y amener un cours d'eau débitant de 50 *l* à 100 *l* par seconde et davantage; le niveau s'élèvera de 0,60 à 0,80 et même 1 *m*, mais l'eau sera absorbée; on aura donc un bétoir, ou boit-tout, ou puits absorbant.

2° Si, par suite des eaux emmagasinées dans le terrain aquifère, l'eau monte jusqu'au niveau du sol et sans se déverser, nous

aurons encore le niveau piézométrique au point considéré, mais ce ne sera ni source, ni bétoir.

3° Si le niveau de l'eau s'élève au-dessus du terrain, nous aurons une source ou fontaine; le niveau piézométrique ne pourrait être obtenu qu'en entourant la source d'une enceinte lui permettant de s'élever sans se déverser.

Reprenons ces faits en sens contraire :

3° Nous voyons l'eau surgir d'une excavation et couler à la surface du sol ou dans un canal approprié; nous appelons ce lieu source ou fontaine, et nous disons : la source coule.

2° Nous voyons peu à peu le débit diminuer, et le niveau de l'eau s'arrêter exactement à la hauteur de l'orifice d'écoulement; nous disons : la source ne coule plus.

1° Le niveau de l'eau s'abaisse peu à peu dans la source et l'eau disparaît au-dessous du niveau d'émergence; nous disons que la source est tarie; nous avons le bétoir.

C'est pour ne pas avoir compris ces différentes variations de niveau que le bétoir était considéré comme une chose mystérieuse et que je l'ai appelé précédemment un regard sur le niveau de la nappe souterraine. C'est en même temps une ouverture par laquelle les eaux de ruissellement sont englouties et servent à l'alimentation de la nappe souterraine tant dans les vallées que dans les cavernes de la marne turonienne.

Fin 1891, la source d'Érigny, une des sources captées par la Ville de Paris, ne coulait plus; son niveau était d'environ 50 *cm* au-dessous de son orifice d'écoulement; le cresson, replié sur lui-même, recouvrait lugubrement la superficie de l'*eau immobile* et lui donnait l'aspect d'eau sale; si le rapporteur, M. Gadaud, fût venu à cette époque, pour être conséquent avec lui-même, il l'eût appelée bétoir.

Nature des eaux alimentant les sources. — Ainsi, selon son altitude, une source peut passer par les trois phases que nous avons indiquées; il coule de source, c'est le cas de le dire, que les fontaines et les bétoirs d'une même vallée sont en communication avec la nappe souterraine de la même vallée, les sources vomissant l'eau de la nappe souterraine que les bétoirs, les terrains perméables, les nappes des plateaux lui apportent, ainsi que les jaillissements d'eau de la craie turonienne, par ses fissures.

Les sources captées par la Ville de Paris sont les sources des quatre groupes : Foisys, Graviers, Erigny, Nouvet, avec un débit irrégulier de 660 à 1 400 *l* par seconde (1) dans la vallée de la Vigne ; pour nous, ce sont des mardelles-sources ; nous l'avons expliqué plus haut.

Sources ordinaires et Mardelles-sources. — La source du Breuil, dans la vallée d'Avre, est, au contraire, une source véritable, ayant son origine en contre-bas du niveau de la rivière dans le même profil transversal, un thalweg régulier et non creusé de main d'homme, aucune trace d'effondrement, ni de cheminée de passage d'eau et une forme irrégulière ; l'eau arrive par le réseau capillaire des sable et graviers du fond et par les diaclases de la marne, mais non par des cheminées ; c'est la source qui ne se trouble pas, ou très légèrement, avec un débit de 80 à 90 *l* très régulier ; c'est celle dont le niveau d'émergence est le plus bas, 147,25 et les autres de 150,65 à 152,70. Sa pureté doit être attribuée à son plus long parcours souterrain dans le gravier filtrant de la vallée et le conglomérat.

Notons en passant que la Ville de Paris est propriétaire de la source du Petit-Launay de 90 *l* de débit, non captée, et qui offre tous les caractères des sources habituelles et non des sources-mardelles produites par des effondrements de la craie de la base.

Captage au niveau d'émergence. — Les sources d'Erigny et du Nouvet ont tari quelquefois complètement ; aussi les Ingénieurs de la Ville de Paris, profitant des dépositions aux enquêtes, résultats de l'expérience séculaire, ont-ils capté les sources, non à leur orifice d'écoulement, mais à leur orifice d'émergence, quelquefois au-dessous, obtenant ainsi un débit plus grand que les jaugeages trouvés qui avaient été faits comme si l'émergence était à la hauteur du canal d'écoulement. Lorsque le débit dépasse les 1 200 *l* d'un côté et 80 de l'autre, un déversoir renvoie l'excès à la vallée d'Avre.

Le captage au niveau d'émergence peut avoir ce résultat de diminuer, d'affaiblir la réserve souterraine et d'obtenir, au bout d'un certain temps, un débit moindre, mais jusqu'à présent, malgré des débits réduits quelquefois en automne de 5/11, ce résultat possible n'a pu être constaté, les années de 1896 à 1899 ayant été des années sans neiges.

(1) 5 novembre 1895. *Rapport Schlœsing*, 739 dont on doit diminuer 80 pour la source du Breuil.

Au-dessus des sources éphémères se trouvent les terrains perméables avec ou sans bétoirs. Enfin, en amont des terrains perméables et de la disparition des rivières et ruisseaux, on rencontre ces ruisseaux coulant et alimentés par des sources naturelles nombreuses, ou par des étangs avec sources de fond qu'il y a seulement à mentionner.

Évaluation de la quantité d'eau absorbée par les bétoirs et les terrains perméables.

JAUGEAGES DE JUILLET 1888. — Il est assez intéressant d'évaluer, en *temps de sécheresse*, le volume d'eau absorbé par seconde soit par le lit perméable des rivières, soit par les bétoirs.

Ce renseignement doit être exact; où peut-on le prendre tel sinon dans le rapport parlementaire Gadaud, dont la partie technique est la copie de la note fournie en 1888 par M. Humblot, alors Ingénieur en chef des Eaux?

Nous trouvons, en effet, sur la carte des bassins de l'Avre et de la Vigne, accompagnant le rapport, les jaugeages suivants exécutés au 1er juillet 1888 :

Avre	110 *l*
Sainte-Nicole	6,4
Ruisseau de la Poterie . .	38
— du Belloy . . .	5,3
— du Buternay . .	53,5
— de la Chapelle .	0,5
— de Lamblore . .	18,4
SOIT UN TOTAL DE .	232,1 *l*

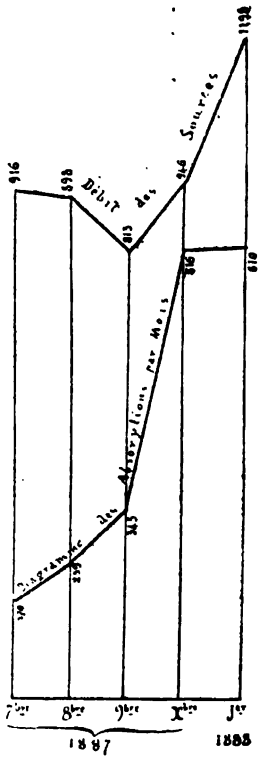


FIG. 3.

Toutes les sources basses coulent; la source de Poëlay débite encore quelques litres à négliger; toutes les autres sources amont ont cessé de couler. Le débit des sources du Breuil, des Foisys, des Graviers, d'Érigny et du Nouvet, est alors descendu à environ 850 *l*, nous adopterons 900; or, les 14 oc-

tobre, 5 novembre et 4 décembre 1895, les débits étaient de 792, 739 et 792 *l*, nous sommes donc au-dessus *(fig. 3)*.

Le rapport entre l'alimentation par les bétoirs et le débit des sources se trouve donc de $\frac{232}{900} = 25{,}77\ 0/0$ et cela en saison sèche. Retenons cette proportion, qui est un minimum.

Jaugeages d'hiver. — Ne pourrions-nous pas trouver dans ce même rapport les éléments non pour la période sèche, mais pour toute l'année? En effet, nous trouvons les résultats des jaugeages de septembre 1887 à février 1888; les jaugeages des autres mois n'ont pas été communiqués dans le rapport parce qu'ils venaient gêner la thèse de M. Humblot que l'apport d'eau par les bétoirs était une quantité insignifiante; nous allons construire le graphique des débits des sources et des bétoirs avec les résultats donnés de septembre 1887 à janvier 1888 inclusivement.

Graphique de cinq mois. — Si nous faisons la moyenne des absorptions par les bétoirs pendant ces cinq mois et la moyenne des débits, nous trouvons:

Moyenne du débit des sources :

$$\frac{916 + 898 + 813 + 946 + 1198}{5} = \frac{4771}{5} = 954{,}2;$$

Moyenne de l'absorption des bétoirs :

$$\frac{170 + 239 + 343 + 816 + 810}{5} = \frac{2378}{5} = 475{,}6;$$

Et le rapport d'absorption aux débits :

$$\frac{475{,}6}{954{,}2} = 49{,}84\ 0/0, \text{ soit } 50\ 0/0.$$

Et c'est ce que le rapport appelle une quantité insignifiante? On s'explique pourquoi le rapport est muet sur les absorptions de février, mars, avril et mai, mois pluvieux profitant aux sources, mais aussi aux bétoirs. On peut donc affirmer que le rapport des eaux absorbées par les bétoirs dépasse 50 0/0. Si nous calculons pour décembre et janvier, nous avons ce rapport qui est :

$$\frac{816 + 810}{946 + 1198} = 75{,}84.$$

Nous résumons ainsi :

Période d'été, le rapport est de.	25,77
Période d'hiver, —	75,84
Moyenne de septembre à janvier inclusivement	49,81

On est au-dessous de la vérité en admettant 50 0/0 de moyenne pour l'année, faute des renseignements suffisants indiscutables.

Extrait du rapport Gadaud. — Voici ce que dit le rapport parlementaire Gadaud à ce sujet :

« L'étude de ces résultats est fort intructive ; elle montre que, » pendant que le volume des cours d'eau absorbés croît constamment de septembre à décembre, celui des sources diminue » et qu'il se relève seulement à partir de décembre pour augmenter rapidement en janvier, tandis qu'inversement dans les » ruisseaux, la quantité d'eau reste stationnaire les deux derniers mois.

» Les deux régimes sont donc tout différents : celui des cours » d'eau supérieurs est torrentiel et celui des sources est tranquille. Il est, par suite, évident que toute l'eau absorbée par » les bétoirs ne s'écoule point par la source immédiatement et » au fur et à mesure de son arrivée, mais que la très grande » partie ne peut y parvenir qu'après une filtration extrêmement » lente et semblable à celles qui forment les eaux de source en » général. »

Conclusions vraies. — Je ne puis laisser passer ce que j'appelle une hérésie, qui va se répétant dans les divers ouvrages qui prennent comme évangile inattaquable le rapport Gadaud.

L'interprétation de ces chiffres est toute autre. Au mois de septembre, le débit des sources généralement maximum de janvier à avril, *à l'époque des crues de sources*, continue à diminuer et le minimum est en octobre ou novembre suivant les années ; les crues de sources ont lieu de deux à huit jours après les pluies. Les quantités citées de 170 *l*, 239 et 343 absorbées ont servi seulement et à peine, à maintenir les sources à leur débit de septembre (En 1895, le débit minimum eut lieu le 5 novembre), elles ont été insuffisantes à l'élever, mais aussitôt que la quantité d'eau absorbée par les bétoirs augmente sérieusement, le graphique démontre la croissance rapide du débit des sources et si rapide

que huit jours après les pluies le maximum est atteint. Si le rapport Gadaud, pour être complet comme démonstration, avait mentionné les jaugeages des quatre mois suivants, nous aurions vu les *crues des sources*, c'est-à-dire des débits supérieurs à 1 400 *l* (1 436 le 4 avril 1895). La très grande partie de l'eau absorbée par les bétoirs va aux sources avec une *filtration suffisante quoique excessivement rapide et non extrêmement lente* (3 *km* par jour minimum). Les filtrations d'eaux impures, à Saint-Maur, à Choisy-le-Roi, aux champs d'épandage de Gennevilliers et d'Achères, se font avec une extrême rapidité tout en se purifiant *parfaitement* au point de vue de la matière organique et des bactéries. On doit donc laisser dans les vieilles théories ce que M. Humblot exprimait dans le rapport Gadaud au sujet de la formation des sources, appliquée à l'Avre. La concordance entre les deux régimes d'absorption des eaux des rivières et les sources captées est si claire qu'elle se traduit en hiver par la diminution de 25 0/0 sur le titre hydrotimétrique, sur la quantité de chaux, de nitrates, sur une augmentation de 150 0/0 de la matière organique et de 1 000 à 10 000 et 15 000 bactéries et enfin par des eaux troubles. On ne pourrait pas trouver un ensemble de faits plus concordants pour réduire à néant la théorie énoncée par l'éminent Ingénieur que fut M. Humblot. Tout disparaît de la partie technique du rapport Gadaud : degré hydrotimétrique et teneur en chaux stable, ainsi que le minimum de matière organique et de bactéries ; tout s'effondre en prenant seulement pour le combattre les chiffres officiels. La proportion de l'eau engouffrée dans le sous-sol, qu'on avait évité de chiffrer, va ressortir éclatante et dépassera de beaucoup la moyenne de 50 0/0, ainsi qu'on le verra plus loin.

Importance du ravin de Gournay par ses pertes au point de vue de l'alimentation des sources.

Les jaugeages effectués par les Ingénieurs de la Ville de Paris se sont effectués sur tous les affluents de l'Avre de la rive droite et au-dessus des absorptions. Tout en admettant la complète exactitude, autant que faire se peut, dans ces jaugeages, où il fallait, dans les ravins secs à crues rapides que l'agent fût au moment convenable, soit de jour, soit de nuit, et quelquefois au même moment à des endroits non facilement communicables entre eux et éloignés de 12 *km*, on peut être certain que ces jaugeages sont des minima, c'est-à-dire par suite que les quantités ab-

sorbées par le sol sont des minima. Les débits de la vallée de Gournay, des vallées de Pullay et de Mandres et du val de Boullay, rive gauche, n'ont pas été jaugés. Il a été estimé qu'ils ne pouvaient en rien influer sur les sources. En admettant que les trois derniers, par suite du terrain moins perméable, contribuent moins à l'alimentation des sources, il n'en est pas de même de celui de Gournay qui, de Gournay à son débouché dans l'Avre, perd toute son eau dans le parcours.

Le propriétaire des terrains qui le bordent sur un long parcours, M. Valpinçon, atteste que rarement, même avec des crues rapides d'hiver à la suite de la fonte de neiges, il a vu l'eau déboucher dans la vallée d'Avre. La surface de ce bassin secondaire est d'environ 4500 *ha*; les plateaux sont presque imperméables; les fonds de mare jouissent de la réputation d'être très étanches; enfin, tous les puits à eau doivent recouper la marne, ce qui dénote l'imperméabilité sérieuse. La hauteur d'eau moyenne tombée à Verneuil est de 0,528; nous sommes au-dessous de la vérité dans ce cas particulier, en admettant, avec les données précédentes, 33 0/0, soit un tiers pour l'eau de pluie descendant dans le ravin ou drainée par lui; tenant compte qu'une très faible portion de l'eau torrentielle de ce vallon arrive à l'Avre, nous frapperons le résultat d'un coefficient de 10 0/0.

Nous aurons donc, par an, la quantité absorbée, qui sera de $0{,}176 \times 0{,}9 \times 4500$ *ha* et, comme moyenne par jour allant aux sources, $\frac{0{,}176 \times 0{,}9 \times 4500}{365} = 19583\ m^3$; rapportons-les aux 100000 m^3 comme moyenne quotidienne fournie par les sources, nous avons un rapport de 19,58 0/0. D'une part, nous avons trouvé précédemment :

Proportion d'eau fournie par les bétoirs et terrains perméables	49,84
à laquelle nous ajoutons l'eau du grand vallon de Gournay	19,58
soit un total de.	69,42

autrement dit, nous justifions, par les seuls chiffres du rapport Gadaud d'une part et par le vallon de Gournay, que 70 0/0 de l'eau des sources provient d'absorptions de terrains perméables et cela est toujours un minimum.

Le chiffre de 33,33 est plutôt faible; il admet 66,66 pour évaporation naturelle, évaporation par la végétation, et absorption

par les plateaux. On pourrait le prendre de 40 0/0 en étant encore dans la réalité, car les terrains de ce plateau jouissent d'une imperméabilité sérieuse aussi justifiée que la perméabilité du vallon.

Le fait suivant va en donner la preuve matérielle ; en effet, l'aqueduc, au débouché de ce ravin sous la route de Mortagne, pour une longueur supérieure à 12 *km* et 4 500 *ha* de terrains drainés *n'a que 0,40 m* × *0,40 m d'ouverture ;* c'est un simple dallot où l'eau passe rarement. Avec des terrains imperméables, il eût fallu un *débouché de 2,25 m à 2,50 m* sous la route nationale de Paris à Brest.

Nous allons du reste prouver par des faits expérimentaux la vitesse minimum avec laquelle l'eau absorbée par les bétoirs se rend aux sources, 3 *km* par jour, soit 6 jours des bétoirs les plus éloignés.

Curieuses expériences de coloration des sources de la Vigne, par M. Ferray, pharmacien, à Évreux.

Croyance des Habitants. — De toute antiquité, la croyance ancienne et générale des habitants du pays sur 400 km^2 se résumait en ce que les sources basses et à altitude moyenne de la vallée d'Avre étaient la réapparition des eaux perdues de l'Avre et de ses affluents ; ceci paraît naturel, puisque c'est dans la même vallée ; mais cette croyance s'étendait également aux sources de la Vigne, dites sources de Rueil, et tous les habitants de la contrée soutenaient que les sources de la Vigne provenaient non seulement des pertes du Lamblore, du Buternay et des absorptions superficielles des vallées de la Chapelle et autres plis, mais aussi de la *rivière d'Avre et de ses affluents directs ;* il était donc admis, comme article de foi, que les eaux perdues de l'Avre et de ses affluents reparaissaient non seulement en aval dans la vallée d'Avre, mais que la *majeure partie* passait sous les deux plateaux qui séparent la Vigne de l'Avre ; aucune explication géologique n'était donnée, sauf que les passages souterrains pour certaines personnes étaient signalés par la présence des mardelles-entonnoirs des plateaux ; les fanatiques avaient même fait figurer sur des cartes des lignes de mardelles continues et rapprochées indiquant le passage comme si elles existaient aussi régulièrement. Enfin l'une des sources dites des Foisys, avait

pris ce nom à cause des *foisys* ou scories de forges des établissements métallurgiques de Randonnay sur l'Avre (fournisseur du Pont des Arts) et dont les scories, par les bétoirs, seraient parvenues jusqu'à Rueil, soit une distance de parcours à vol d'oiseau de 23 *km*. En admettant le fait, il n'y aurait pas besoin d'aller aussi loin , car on trouve à 9 *km* des sources, un peu en amont du bétoir du Haut-Chevrier, sur le Lamblore, un champ constitué avec des scories et longeant le ruisseau de Lamblore. Deux camps se formèrent lors des enquêtes; le camp des indigènes admettant sans conteste le fait et celui du personnel de la Ville de Paris le niant absolument. C'est alors que M. Ferray fit les deux expériences remarquables suivantes :

Première expérience. — La première expérience eut lieu dans la rivière d'Avre, le 8 septembre 1887, au lieu dit de la ferme de la Lambergerie, à 6 *km* de Verneuil, où existaient de nombreuses pertes d'eau. A cette date, la rivière d'Avre, en ce point qu'elle ne dépassait pas, n'avait qu'un faible débit de 40 *l* environ par seconde par suite des pertes en amont. Il fut versé dans ce bétoir, *bétoir-source*, ou le niveau de l'eau indiquait le niveau piézométrique de la nappe souterraine, 3 *kg* de *fluorescéine*, substance dérivée du goudron, capable de colorer en vert deux cents millions de fois son poids. Des observateurs étaient postés aux sources Gonord et de Poëlay, de la vallée d'Avre et aux quatre sources de la Vigne, pour constater l'heure du commencement et de la fin de la coloration. Aucun ne fut placé à la source du Breuil, ni aux sources Lesieur, de la vallée d'Avre, l'objectif étant les sources de la Vigne.

Le tableau suivant indique les résultats obtenus :

SOURCES	DISTANCE du POINT DE DÉPART à vol d'oiseau	TEMPS pour voir apparaître LA COLORATION	VITESSE PAR SECONDE	ALTITUDE	OBSERVATIONS			
		heures						
Gonord . . .	5,500	45	0,034	162,80	Orifice d'écoul[t]	Coloration tr. visible	30 à 36 h	
Poëlay. . .	7,500	55	0,034	156,85	id.	id.	id.	id.
Nouvet . . .	8,700			154,65	id.	non apparente		
Érigny. . .	8,800	67	0,033	153	id.	visible		id.
Graviers. .	8,500	67	0,035	152,50	id.	id.		id.
Foisy	8,500	67	0,035	152,4	id.	très visible		id.

Interprétation. — La fluorescéine n'est pas descendue dans la vallée d'Avre jusqu'à son confluent avec la Vigne pour remonter la nappe des sources de la Vigne; elle a donc trouvé sous les plateaux, dans la marne, un passage direct par des conduits spacieux jalonnés par les mardelles sur le terrain, mais qui ont pu n'être pas les seuls; une fois dans la marne, elle est allée directement aux mardelles-sources; l'une, la plus haute, n'a pas été colorée; on peut admettre que les conduits sous les plateaux dans la marne n'aboutissaient pas à cette source et que ces conduits étaient, au contraire, larges et spacieux pour la source plus en aval. On peut aussi donner l'explication suivante : à cette époque de l'année la source du Nouvet, dont l'altitude est la plus grande, coulait peu, faisait peu de dépression, par suite; les trois autres sources en aval, faisant un énergique appel, produisaient une dépression qui obligeait l'eau à se diriger vers la plus basse, de préférence; d'où, par suite, la plus basse devait être colorée. Les deux explications, on peut le dire, sont claires, nettes et naturelles.

Enfin si on joint sur la carte le bétoir de la Lambergerie aux sources d'Érigny, des Foisys et des Graviers, on a ces quatre points sur une même ligne droite, tandis que la source du Nouvet est à 300 *m* à droite et s'écarte par suite de la ligne d'appel, c'est-à-dire de la ligne la plus courte.

On doit remarquer qu'à environ 100 *m* du bétoir, à flanc de coteau existe une mardelle-entonnoir et 550 *m* plus loin, une autre, jalonnant un cours souterrain allant de l'Avre au Buternay.

La démonstration expérimentale de la vérité de la croyance populaire venait donc contrôler des faits combattus énergiquement dans le rapport Gadaud, qui à bout d'arguments concluait que cette expérience n'avait pas *déterminé la quantité d'eau passant par les bétoirs*. Or, cette expérience n'était pas un jaugeage, mais une démonstration de la communication des *bétoirs de la vallée d'Avre aux sources de la vallée de la Vigne.*

Deuxième expérience. — La deuxième expérience eut lieu le 10 novembre 1887, au bétoir dit de la Blottière, en présence du conducteur des Ponts et Chaussées du département d'Eure-et-Loir. Les conditions étaient différentes; c'était à la suite de pluies, puisque le ruisseau de Saint-Maurice débitait, d'après le conducteur des Ponts et Chaussées, environ *250 litres par seconde absorbés entièrement par le bétoir*. Voici le résultat des expériences sur

ce bétoir, situé environ à 9.200 *m* plus en amont de celui de la ferme de la Lambergerie. Il fut versé dans ce bétoir 5 *kg* de fluorescéine et 3 dans un bétoir voisin.

SOURCES	DISTANCE du POINT DE DÉPART à vol d'oiseau	TEMPS pour voir apparaître LA COLORATION	VITESSE PAR SECONDE	ALTITUDE	OBSERVATIONS	VITESSE par minute	VITESSE par heure	VITESSE par jour
Bétoir de la Blottière.		heures		183,12				
SourceGonord	12,200	99	0,034	162	colorée	2,04	122,4	2,937
— de Poêlay	14,000	112,5	0,035	156,85	id.	2,10	126	3,024
— du Nouvet	13.800	112,5	0,034	154,65	id.	2,04	122,4	2,937
Autres sources	14,700			152,50	non colorée			

Les distances indiquées sont à vol d'oiseau ; il est certain que le chemin parcouru est plus grand et que par suite la vitesse est plus grande.

INTERPRÉTATION DE LA DEUXIÈME EXPÉRIENCE. — Cette seconde expérience était tout à fait officielle. L'Ingénieur en chef du département d'Eure-et-Loir, M. Cahen, en avait chargé le conducteur des Ponts et Chaussées de la région, M. Simart, auquel était venu s'adjoindre le conducteur des Ponts et Chaussées de Verneuil. Les résultats ont été évidemment la coloration des sources de la vallée d'Avre ; mais chose curieuse, la *source du Nouvet*, celle dont l'altitude *est la plus élevée du groupe de Rueil, a été seule colorée ;* les trois sources des Foisys, des Graviers et d'Érigny ne l'ont pas été.

Cette seconde expérience démontre péremptoirement le passage sous les plateaux de l'eau absorbée par les bétoirs de la vallée d'Avre et vient confirmer la première. Les vitesses sont les mêmes que les premières.

Le niveau piézométrique de la nappe souterraine, bas, lors des expériences précédentes, a dû remonter de 3 à 4 *m*, par suite de l'absorption des eaux des pluies ; la fluorescéine s'est donc trouvée diluée dans un volume d'eau 4 à 5 fois plus grand, dépendant de la longueur de parcours, de la plus grande largeur, et de la plus grande hauteur ; il est donc naturel que les sources en aval du Nouvet n'aient pas présenté une coloration apparente, d'autant plus, qu'à cette époque, les eaux étaient laiteuses, troubles comme elles l'ont été dans les premiers mois de 1899.

La source à altitude la plus haute, le Nouvet, devait donc produire, la première, une dépression, un appel, d'autant plus fort que la source des Graviers est à 988 *m* de distance et celle de Foisys, 1 180 *m* en aval de celles du Nouvet, et que la ligne droite qui joint les sources de Foisys, des Graviers et d'Érigny passe dans ce cas par le Nouvet. Enfin, il est possible que la partie d'eau qui est allée du bétoir à la source du Nouvet, soit passée dans la marne par des fentes ou canaux n'aboutissant pas aux autres sources. La croyance de tout un pays se trouvait donc vérifiée expérimentalement; malgré ces expériences décisives par la réapparition aux sources des eaux de ruissellement absorbées par les bétoirs, le rapport parlementaire Gadaud laisse percer le désagrément que produisaient ces expériences, détruisant la théorie présentée qu'il n'y aurait pas de rapport entre les eaux de sources et les eaux des bétoirs.

Telles étaient les idées des Ingénieurs de la Ville de Paris en 1898 Il peut paraître intéressant de connaître les idées actuelles. On lit dans l'ouvrage magistral de M. Bechmann sur l'*Assainissement* :

« Certaines sources semblent être la réapparition de rivières » qui, après avoir coulé quelque temps à ciel, ouvert se perdent » en passant sur des terrains extrêmement perméables comme » pour s'y écouler souterrainement ; telle est, par exemple, » la source de Laigues (Côte-d'Or), qui donne naissance au cours » inférieur de la rivière de même nom, dont le lit est à sec sur » près de 20 *km*.

» Telles aussi les grandes sources de l'Iton, de l'Avre, de la » Rille.

» L'emploi d'une matière colorante très subtile et d'ailleurs » inoffensive, la fluorescéine, a souvent permis de reconnaître la » réalité de ces communications supposées. En pareil cas, le » débit de la source est d'ordinaire très supérieur à celui du » cours d'eau avant sa disparition et par suite, il serait plus exact » de dire qu'elle constitue l'exutoire d'une nappe souterraine à » laquelle le ruisseau disparu est venu apporter son tribut. »

Rien n'est plus exact, ni mieux dit et ne peut mieux s'appliquer aux sources de la Vigne et de l'Avre, mais quelle différence entre les idées de l'Ingénieur en chef des eaux de 1888, M. Humblot et celles de M. Bechmann, son successeur en 1899!

Notons en passant que la vitesse minimum par seconde a été

de 35 *mm* par seconde et qu'en admettant un parcours de deux fois le parcours à vol d'oiseau, on n'obtient encore que 0,07 par seconde, ce qui donne le temps à la filtration d'agir, sur un parcours minimum de 5 *km*, distance du bétoir le plus rapproché. Du reste, les filtrations artificielles, imitation de celles de la nature, se font très rapidement, en quelques minutes, et *la perfection tient surtout à la ténuité des orifices capillaires*, et non à une question de temps, à une hauteur minimum déterminée de l'appareil de filtration (cas des sables filtrants) très faible en définitive, et non à la longueur du parcours; les idées sur les sources, exprimées dans le rapport Gadaud, paraissent donc en contradiction complète avec l'observation réelle des faits tels qu'ils se présentent à Gennevilliers et à Achères, modèles de filtration et de purification rapides. Cette idée que les eaux de source ne sont obtenues qu'après une filtration extrêmement lente est à rejeter complètement avec les connaissances actuelles.

Appréciation par le calcul et l'expérience des vides existant dans le gravier filtrant du sous-sol des vallées. Minimum de 26 0/0.

Le débit d'une source augmente a mesure que l'on abaisse son plan d'eau par un épuisement intensif. — En examinant attentivement le fond d'une source non alimentée par des cheminées venant de la craie, mais par l'eau passant entre les insterstices presque capillaires des graviers et sables sourceux, on voit généralement l'eau apparaître de tous côtés sans un mouvement appréciable des sables et graviers; si on abaisse le niveau de cette source par une machine d'épuisement, le débit de la source augmente à mesure que le niveau s'abaisse et de telle façon qu'il faut augmenter également les moyens d'épuisement dans une proportion très forte; alors, on voit que l'eau ne sort pas par tous les points du fond de la source, mais le sable se trouve quelquefois mis en très léger mouvement par suite de la dépression produite. Le cas particulier du captage de la source de Poélay, par la ville de Verneuil, en 1896, servira d'exemple : la source, fin août, était à son niveau piézométrique, inférieur de 40 *cm* environ à l'orifice d'écoulement. On put avec une pompe centrifuge débitant sans arrêt 60 *l* par seconde, abaisser le niveau de 1,50 *m* sans pouvoir descendre plus bas; il fallut une seconde pompe centrifuge, de même force, pour approfondir la source

et abaisser le niveau de 2,25 *m* au-dessous du niveau précédent; le débit atteignit 120 *l* par seconde et on s'arrêta à la limite d'action des pompes: l'examen de la venue de l'eau était toujours le même à travers les sables et graviers qui paraissaient laisser passer l'eau avec la plus grande facilité. Il y a donc utilité à se rendre compte théoriquement et pratiquement du *minimum de vide qui existe dans les sables et graviers*.

Calcul des vides : Premier cas. — Si l'on suppose un sable théorique, composé de grains égaux sphériques et incompressibles, considéré à son maximum de tassement, chaque sphère tangente à douze autres, nous aurons en plan la position suivante : les centres de trois sphères représenteront un triangle équilatéral; une sphère s'appuyant sur le vide de trois autres, son centre formera avec le centre des trois premières un tétraèdre régulier; si nous formons un parallélipipède de dimensions A, B, C, r étant le rayon des sphères, m, m', m'' le nombre de fois que r est contenu dans A, B, C, nous aurons:

$$A = 2mr \qquad B = \sqrt{3}m'r \qquad C = \frac{2\sqrt{2}}{\sqrt{3}}m''r;$$

d'où :

$$ABC = V = 4\sqrt{2}mm'm''r^3.$$

Le volume total des sphères sera $V' = \frac{4}{3}\pi mm'm''r^3$;

d'où :

$$\frac{V'}{V} = \frac{\pi}{3\sqrt{2}} = 74{,}05\ 0/0;$$

d'où le vide minimum est 26 0/0 en nombre rond.

On arrive à ce fait, non admis par la pratique, que le *vide est constant et indépendant du diamètre des sphères*, c'est-à-dire de la grosseur des grains.

Si l'on cherche à diminuer ce vide en y intercalant de petites sphères tangentes à quatre autres sphères, ce qui correspondrait à des sables mélangés de grosseur différente, on trouve que le rayon de cette petite sphère est $r' = 0{,}2247r$; il y aura deux de ces sphères tangentes pour chacune des quatre autres; si V'' est le volume du plein de ces sphères, on aura :

$$V' = V' + 2 \times \frac{4}{3}\pi \times \overline{0{,}2247}^3 \times mm'm''r^3;$$

d'où :

$$\frac{V''}{V} = \frac{\frac{4}{3}\pi r^3 mm'm'' + 2 \times \frac{4}{3}\pi \times \overline{0{,}2247}^3 \pi^3 mm'm''}{4\sqrt{2}mm'm''r^3} = 75{,}74\ 0/0.$$

Le volume aura augmenté de 75,74 — 74,05 = **1,69 0/0.** Le *vide minimum théorique* sera définitivement **24,26 0/0** au lieu de 26 0/0 (25,95) trouvé antérieurement.

CALCUL DES VIDES : SECOND CAS. — Si nous plaçons en plan les sphères de façon que quatre forment un carré avec leurs centres; si nous superposons dans le vide une cinquième sphère, le centre de cette cinquième sphère sera le point de rencontre des diagonales d'un cube de $2r$ de côté; si tout l'ensemble est ainsi composé, nous obtiendrons :

$$A = 2mr \qquad B = 2m'r \qquad C = \sqrt{2}m''r \qquad V = 4\sqrt{2}mm'm''r^3,$$

et $\frac{V'}{V} = \frac{\pi}{3\sqrt{2}} = 74{,}05$ 0/0, *même résultat* que précédemment, ce qui est des plus curieux.

Si nous intercalons une petite sphère tangente aux six sphères, son rayon sera $r' = r(\sqrt{2} - 1) = 0{,}414r$.

$$\frac{V''}{V} = \frac{\pi}{3\sqrt{2}}(1 + \overline{0{,}414}^3) = 74{,}05(1 + 0{,}071) = 79{,}31;$$

d'où le vide = 20,69 0/0.

Donc nous avons le vrai minimum théorique avec sables de deux calibres différents, c'est-à-dire des sables mélangés. Dans le sable et gravier aquifère, nous avons donc un minimum théorique en nombre rond de 21 0/0. Le volume du plein aura augmenté de $\frac{79{,}31 - 74\ 05}{74{,}05} = 7{,}10$ 0/0.

RÉSULTATS EXPÉRIMENTAUX. — Que vont répondre les faits pratiques à ces résultats théoriques d'un minimum de vide de 21 0/0?

La pratique démontre que toujours ce minimum de vide est dépassé; que jamais il n'est atteint, que ce soient des graviers mêlés de toutes dimensions, cailloux ou sables calibrés, cailloux cassés et calibrés.

Claudel trouve :

46 0/0 de vide pour les cailloux cassés ;
38 0/0 — — — mêlés;
31 à 38 0/0 de vide pour le sable ;
50 0/0 — — le gravier de 0,027 à 0,040 m;

Raucourt trouve :

50 0/0 de vide pour le gravier de 0,011 à 0,014 *m* ;
41,60 0/0 — — le gros sable de 0,0045 à 0,002 *m* ;
40 0/0 — — le sable moyen de 0,001 *m* ;
33,33 0/0 — — les sables fins de 0,00023 ;
28,60 0/0 — — les sablons.

Paul Alexandre. — Dans les *Annales des Ponts et Chaussées* de 1890, M. Paul Alexandre donne le résultat de longues études minutieuses sur le vide existant entre les grains de sable qu'il employait pour la confection de ses mortiers à la mer :

N°s DU TAMIS	NOMBRE DE MAILLES	VIDE	NATURE DU SABLE
0	18 à 25	45,80 0/0	Gravier proprement dit.
1	> 25 à 45	46,60 0/0	Petit gravier.
2	> 45 à 60	49,30 0/0	»
3	> 90 à 100	51,30 0/0	Sable moyen.
4	> 140 à 175	50,00 0/0	Id.
5	> 175 à 280	46,50 0/0	Sable très fin.
Mélange.	»	41,50 0/0	Mélangé.

Bien que les coefficients de vide soient plus élevés que 21 0/0 et 24 0/0, on remarque aussi que, *contrairement à une idée généralement répandue, le petit gravier ne présente pas plus de vide que le sable le plus fin*, ce qui est la confirmation de la théorie exposée plus haut, qui se trouve aussi vérifiée par la diminution de vide obtenue avec les sables mélangés.

Candlot. — Dans les *Annales* de 1892, M. Candlot résume ainsi ses expériences sur la même matière :

SABLE		NATURE	VIDE
PASSANT PAR	REFUSÉ PAR		
10 mailles.	20 mailles.	Gros gravier.	39,00 0/0
20 —	45 —	Gravier moyen.	42,20 0/0
45 —	75 —	Gros sable.	43,90 0/0
75 —	110 —	Sable moyen.	45,50 0/0
110 —	185 —	Sable fin.	49,70 0/0
185 —	»	Sable très fin.	52,60 0/0

NATURE	POIDS CALCULÉ DE SABLE SEC	VOLUME DE L'EAU OU DES VIDES existant entre les grains de sable
Sable sec versé à la pelle.	1,458 *kg*	45 0/0
Sable + ou — humide	1,458 à 1,149 *kg*	45 à 54,70 0/0
Sable sec versé sans tassement	1,471 *kg*	44,50 0/0
Sable sec tassé à refus.	1,721 *kg*	35 0/0
Sable saturé d'eau mesuré dans une éprouvette de 1 *l*.	1,656 *kg*	37,50 0/0

Ces chiffres diffèrent peu des précédents ; ils tendraient à faire croire le contraire de la pratique que le gravier et le petit gravier contiennent moins de vides que les sables fins; les différences proviennent de ce que, dans ces expériences, il faudrait avoir, pour les comparer, du sable aussi sec ou aussi humide

Expériences Dutoit. — Dans les *Nouvelles Annales de la construction*, septembre 1890, M. Dutoit cite des expériences très sérieuses sur le vide des sables où l'on voit que le *vide des sables fins est égal au vide des sables gros, confirmant par suite la théorie.* Ci-joint le résumé :

Nature du sable	Passant par un tamis de	Refusant un tamis de	Vide
Silex jaune cassé. . . . (Broyé à la machine et mis à la grosseur du sable ordinaire.)			41 0/0
Sable de Juvisy.			26
— de Triel			38,5
— de grès.			40,5
1/2 Juvisy, 1/2 grès. . .			29
1/2 Triel, 1/2 grès . . .			32,5
1/2 silex cassé, 1/2 grès.			32
Sable de Juvisy.	342 mailles par cm^2		39
—	90	342 mailles par cm^2	42
—	25	90	43
—	9	25	44
—	1	9	44
—	mélange des 5 classes		29 En parties égales
Sable de Triel. . . .	342		38
—	90	342	41
—	25	90	44
—	9	25	44
—	1	9	44
—	mélange des 5 classes		30 En parties égales

Le résultat *curieux* est qu'il existe donc un *sable spécial*, celui de *Juvisy*, qui arrive *au minimum théorique de 26 0/0*, ce qui n'avait été constaté jusqu'à ce jour par aucun *expérimentateur sur le globe entier*.

En mélangeant ces diverses classes, on obtient pour le sable de Juvisy 29 0/0 et le sable de Triel 30 0/0, c'est-à-dire (29-26) 0/0, 3 0/0 de plus que le sable naturel et pour le sable de Triel 38,5 — 30 = 8,5 0/0 de moins que le sable naturel, ce que l'on ne s'explique pas avec des différences pareilles en sens contraire, et en les comparant aux expériences séparées de MM. Candlot et Alexandre qui concordent les unes avec les autres. Donc, sauf ces deux points, les vides de 38 à 44 0/0 cités par les Ingénieurs susdésignés, sont confirmés par M. Dutoit.

La perméabilité des sables et graviers se trouve donc chiffrée théoriquement selon la disposition des éléments, soit par un minimum absolu de 21 0/0, soit par un de 24 0/0. La pratique répond par ces divers tableaux expérimentaux que, rarement, elle descend au-dessous de 39 0/0. On peut donc conclure que dans tout terrain de transport, gravier et sable sourceux de vallée, il y a un minimum théorique de vide de 21 0/0 et pratique de 33 à 39 0/0, que ce vide ne peut être diminué que par l'importance plus ou moins grande de parties imperméables qui seront les parties perméables elles-mêmes réunies par un ciment argileux.

Conclusions sur la marche souterraine des eaux alimentant les sources.

Première phase: Sources amont. Absorption par les sables du Perche et l'argile a silex. — Sur la ligne de faîte, nous trouvons l'*argile à silex* recouvrant la couche des *sables du Perche*, éminemment perméable. Nous avons vu que ces sables, tels qu'ils apparaissent à Tourouvre, sont des sables fins déposés assez loin des côtes de la mer cénomanienne; aussi admettons-nous avec notre coupe que les sables du Perche se prolongent peu sous l'argile à silex et qu'immédiatement après apparaît la marne turonienne. Les eaux pluviales passent en faible partie par l'argile à silex des hauts plateaux voisins du faîte, en grande partie par les portions sableuses, viennent s'unir aux eaux filtrant par les sables du Perche; des exutoires naturels produits par le soulèvement des collines amènent ces eaux à la superficie; ce sont

les nombreuses sources de l'Avre et de ses affluents directs, ainsi que des ruisseaux de Buternay et de Lamblore, du Bellay.

Les étangs formés sont alimentés par des sources de fond; on trouve de nombreux puits dans l'argile à silex, mais très près de la vallée; si on s'en éloigne, on ne peut plus trouver l'eau que dans la marne; la marne reçoit donc par ses diaclases et ses fissures tout ce qui a filtré par l'argile à silex et l'excès d'eau apporté par les sables du Perche.

Dans les marnières du Bois de la Haie, commune d'Irai, où la marne se trouve à 15 *m*, on signale un cours d'eau dont l'ensemble est supérieur à celui de l'Avre superficielle.

Ces eaux, à cette altitude, et à si peu de distance de la ligne de faîte séparant le bassin de la Seine de celui de la Loire, ne peuvent provenir que des sables du Perche et d'infiltrations par les couches de sable de l'argile à silex.

La *caractéristique* de ces eaux de *source est d'avoir un degré hydrotimétrique très faible*, au plus 7°. Les sables du Perche doivent contribuer à la formation de ces sources si pauvres en éléments calciques; il n'y a donc eu, pour ces eaux, qu'un contact très éphémère avec la marne turonienne, s'il a eu lieu.

Les rivières s'accroissent par toutes les petites sources qu'elles reçoivent et par les égouts des terrains; les sources extrêmes sont à Beaulieu, Moussonvilliers, Reveillon et Lamblore.

Deuxième phase : CESSATION DES SOURCES, APPARITION DES BÉTOIRS, DES MARDELLES-BÉTOIRS ET DES TERRAINS PERMÉABLES DES FONDS DE VALLÉE. — Les ruisseaux et rivières dont le débit avait toujours augmenté, cessent de s'accroître; puis, dans les vallées, les pertes par les terrains perméables, par les bétoirs et les mardelles-bétoirs produisent de suite et dans un court parcours l'asséchement de ces rivières et ruisseaux. Jusqu'alors, la marne placée sous l'argile à silex des plateaux passée de 15 à 23 *m* au maximum de la superficie, la marne, avait continué à absorber l'eau qui lui était parvenue par l'argile à silex; mais ce rôle va devenir de plus en plus important. Par les bétoirs, elle reçoit l'eau des cours d'eau et des pluies; ces eaux s'infiltrent dans le terrain de gravier de la vallée, rencontrent au fond la craie érosée lors de la formation des vallées, y pénètrent par les diaclases, les fissures et va se mêler aux eaux supérieures de la marne turonienne et des sables du Perche, circulant dans les fissures de la marne; par les mardelles-bétoirs, qui sont les

orifices à la superficie des cheminées d'effondrement de la marne, l'eau est conduite directement dans les cavités de la la craie; dans les deux cas, elle augmente ces cavités en dissolvant le carbonate de chaux de la marne, grâce à l'acide carbonique qu'elle a en dissolution; le sous-sol des vallées, faisant fonction de fossé d'asséchement, de drain, reçoit les eaux des nappes phréatiques. Toute cette partie du bassin de l'Avre est complètement asséchée; aussi les habitants de cette région ne peuvent-ils avoir de l'eau qu'en recoupant la marne à des profondeurs variables; mais tous les puits ont une profondeur supérieure à 30 *m;* les relevés nombreux de puits en indiquent de 40 à 45 *m* de profondeur. Pendant les chaleurs estivales, les habitants parcourent jusqu'à 8 *km* pour venir à Verneuil prendre l'eau infecte des fossés de la ville, renouvelée par l'eau du Bras-Forcé de l'Iton.

On ne trouve plus que de rares puits dans l'argile à silex. Toute la superficie est asséchée et dans certains endroits, les mares des vallons tiennent très difficilement l'eau; l'argile à silex dans ces endroits est donc bien plus perméable qu'on ne le pense; le contraire existe sur les plateaux.

Troisième phase : RÉAPPARITION DES SOURCES, DISPARITION DES BÉTOIRS, DES MARDELLES-BÉTOIRS, DES TERRAINS ET DES LITS DE RIVIÈRES PERMÉABLES. RENAISSANCE DES RIVIÈRES. — Les terrains précédents se modifient; les fonds de vallée perdent leur perméabilité; les lits de rivière deviennent imperméables, les bétoirs et les mardelles-bétoirs ont disparu; apparaissent de nouvelles sources manifestées par des mardelles-sources; le lit de la rivière se trouve réalimenté; telle est la troisième et dernière phase, accompagnée de la suppression presque complète des marnières, et des puits à eau traversant la marne, l'argile à silex par ses nappes phréatiques permettant d'alimenter les puits, sur le côté gauche de l'Avre; cependant on trouve encore entre le Buternay et la ligne de faîte de la Lamblore, la très grande majorité des puits à eau obligés de recouper la marne pour atteindre l'eau.

Ainsi que nous l'avons vu, la marne turonienne a absorbé peu à peu par les infiltrations naturelles, par les bétoirs et les mardelles-bétoirs des quantités d'eau considérables. Supposons une chaleur estivale exceptionnelle. Le niveau piézométrique de la nappe de la vallée s'est abaissé (1896) de 0,50 *m* à la source de

Poélay qui ne coule plus, de 3 *m* à la source du Chêne, de 6 *m* aux sources Gonord et de 10 *m* aux sources du Gril, en face la Chabotière; seules coulent, avec des débits réduits, les sources captées par la ville de Paris.

Surviennent les pluies automnales et surtout les pluies hivernales; alors la source dite fontaine de Poélay se met à couler abondamment et successivement, de l'altitude 157 à l'altitude 167, toutes les mardelles-sources citées envoient à la rivière leurs eaux généralement laiteuses pendant quelques semaines, puis ensuite d'une pureté ne laissant rien à désirer; les eaux de sources à la cote 230 qui avaient formé en amont les ruisseaux, marquaient de 5° à 7° comme degré hydrotimétrique, les eaux des sources basses. résultats des rivières disparues, marquent 13°, puis très rapidement 16° et 17° et dépassent 18° dans les chaleurs estivales. Elles se sont donc enrichies de calcaire dans les cavités de la marne turonienne; elles sortent laiteuses.

Les sources qui, au lieu d'être mardelles-sources, c'est-à-dire qui ne sont pas en communication directe avec les cavités de la craie marneuse, sont moins laiteuses; en effet, leur alimentation est surtout par les sables et graviers aquifères du fond de la vallée, c'est-à-dire une filtration capillaire; elles sont atteintes cependant, mais à un moindre degré, parce que le mouvement de l'eau accumulée dans la craie s'effectue de bas en haut par les fissures de la craie; l'eau de la craie vient donc se mélanger avec les eaux bien filtrées des graviers de la vallée et les blanchir. On prétend que la source du Breuil est indemne, qu'elle échappe à ces accidents, que ses crues sont insignifiantes, et qu'elle varie moins en débit que les autres; nous avons pu le constater, et le fait est vrai; il s'expliquerait par un parcours souterrain plus long; en effet, son altitude est 147, celle de Poélay 156,85 et la distance qui les sépare à vol d'oiseau de 2 600 *m*.

La filtration cesse dans les cavités de la marne; donc les mardelles-bétoirs conduisant l'eau des terres meubles directement dans les fissures et grottes de la marne, sont l'une des causes les plus sérieuses et des troubles de l'eau et de l'augmentation des bactéries et de la matière organique; la filtration n'existant plus, il ne peut y avoir destruction des microorganismes et de la matière organique que dans le trajet toujours court de la marne à la mardelle-source, trajet qui est parcouru trop rapidement.

Tel est, selon nous, le mécanisme des diverses sources de la région.

Nous reviendrons dans la partie bactériologique à ces eaux laiteuses, parce que leur opacité coïncide avec deux fois et demie plus de matière organique que dans la période normale et avec des colonies de bactéries de 10 035, 13 640 et 17 850 par centimètre cube.

L'absorption par les bétoirs ne jouerait pas un rôle aussi néfaste; en effet, l'eau absorbée ne tarde pas, dans un très court délai, quelques secondes, à se trouver dans le réseau capillaire des fonds de vallée et la filtration d'une part, l'action de l'oxygène d'autre part, doivent arriver dans un court espace de temps à détruire la matière organique et les bactéries; malheureusement, il peut se présenter à peu de distance du bétoir, des fentes et fissures dans la marne turonienne, par lesquelles l'eau absorbée par le bétoir passera de préférence, les canaux de circulation dans la marne étant toujours plus larges que les passages capillaires à travers le gravier de la vallée; l'appel des sources faisant des dépressions dans ces canaux larges qui y produisent des courants, tandis que la dépression par les sources ordinaires doit s'étendre à une vingtaine de mètres au plus. Si donc le bétoir parait, à première vue, n'être pas un grand inconvénient, les raisonnements ci-dessus démontrent cependant son danger; la conclusion naturelle est donc l'oblitération des mardelles-bétoirs et des bétoirs, ainsi que des mardelles-entonnoirs de prairie servant de bétoir dans les inondations, comme à Chennebrun, et toujours aborbant l'eau des irrigations.

Oblitération des bétoirs de la rivière d'Avre et de la rivière de Saint-Maurice par le personnel des Ponts et Chaussées de l'Eure.

Le département de l'Eure a fait exécuter par M. l'Ingénieur en chef des Ponts et Chaussées, en août, septembre et octobre 1897, des travaux ayant pour but l'étanchement ou oblitération des bétoirs situés sur la rivière d'Avre et sur celle de Saint-Maurice, dans l'Eure.

Ne faisaient point partie du travail les bétoirs en dehors du lit, c'est-à-dire les bétoirs situés en pleine prairie, qui continuent à absorber l'eau en temps d'irrigation ou de crue.

Travaux exécutés. — Ci joint un résumé des longueurs exécutées :

Rivière d'Avre :

		Longueur.
Bétoir de la Lambergerie	N° 1	8,43 *m*
— —	N° 2	16
— —	N° 3	8
— —	N° 4	8
— —	N° 5	12
— —	N° 6	8,43
— en amont du barrage Piche . .	N° 1	8
— du Gué-Gaze	N° 1	10
— du pont de Saint-Christophe . .	N° 1	10
— du moulin de Pel.	N° 1	17,50
Pont métallique de Pel	»	»

Ruisseau de Saint-Maurice :

		Longueur.
Bétoir en amont du pont de la Chevallerie	N° 1	11 *m*
Bétoir du pont Janvier	N° 1	9,25
— du gouffre du Raccroc	N° 1	44,60

L'évaluation des travaux avec l'imprévu, c'est-à-dire épuisement, indemnités de chômage, dessouchage, dérivation, batardeau, etc., s'élevait à 12 959 *f* pour 171,21 *m* de longueur, comprenant en plus un ouvrage spécial de communication dans une prairie pour franchir un canal de décharge. Le prix moyen par mètre courant a été de 73,15 *f*, pont déduit. Sans les épuisements et autres indemnités, le prix était de 64,40 *f* le mètre courant compris entre 45 et 67 *f* le mètre courant.

Avec ces prix, on a tous les éléments pour déterminer combien peu coûterait l'oblitération des bétoirs des Haies-Blot, de la Vallée, des mardelles-bétoirs du Souci et du Buternay, des bétoirs du Buternay, de la Lamblore et de la vallée de la Chapelle-Fortin.

Il resterait environ une cinquantaine de bétoirs et mardelles-bétoirs, situés dans les prairies des communes d'Armentières et de Chennebrun et connues de tout temps, moins deux ou trois dont l'origine tout à fait moderne est bien fixée.

Méthode employée. — Le principe de construction employé pour ces bétoirs est le suivant qui se comprend à l'examen de la coupe longitudinale et de la coupe transversale :

A. Fouille dans la rivière au delà des limites du bétoir remplie avec de l'argile corroyée et pilonnée avec soin; la partie supérieure au niveau du fond de la rivière est pavée:

B. Fouille dans la rivière à remplir avec de la maçonnerie de gros silex et mortier de ciment de Portland;

C. Fouille et remplissage en béton maigre et mortier de ciment de Portland;

D. Maçonnerie de ciment avec ossature métallique épousant le fond de la rivière et les berges dont la forme est préparée avec soin; elle passe sous la maçonnerie de silex; l'épaisseur est de 0,06 *m;*

E. Béton dans le lit de la rivière nettoyé et remblayé avec de l'argile pilonnée;

F. Chape en ciment de 0,02 *m* d'épaisseur.

L'ossature métallique se compose de fers ronds de 0,007 *m* formant des mailles de 0,10 *m* sur 0,10 *m* réunis à chaque angle par du fil de fer.

Résultats obtenus.

Tous les propriétaires de prairie entre Chennebrun et la ferme de La Lambergerie ont réparé leur vannage, ont irrigué leurs prairies qui leur donnent de splendides récoltes; la scierie du moulin Thirouin et le moulin de Pel travaillent à peu près le double d'autrefois; les cultivateurs des plateaux se succédaient cet été à la rivière d'Avre, à l'abreuvoir de Saint-Victor, pour y emplir leurs tonneaux d'eau; à cause de la sécheresse et avouaient n'avoir jamais vu autant d'eau; enfin les expériences de jaugeage du Conducteur des Ponts et Chaussées de Verneuil ont démontré que l'eau peut venir à Verneuil sans pertes sensibles par le lit de la rivière, avec quelques travaux supplémentaires dans des endroits reconnus.

Discussion des résultats. — Pourquoi donc ces travaux très bien exécutés en ciment armé, qui paraissent, jusqu'à présent, avoir résisté aux sous-pressions, n'amènent-ils pas de l'eau à Verneuil, puisqu'elle arrive par son lit de Saint-Maurice et des

limites de l'Orne (à Beaulieu) à la Lambergerie, avec des pertes de quelques litres seulement, grâce à ces travaux?

En voici les raisons multiples :

Les berges de la rivière d'Avre sont mal entretenues; une partie de l'eau du bief passe à travers les berges, ou bien au-dessus de la berge quand l'eau est au repère; beaucoup de prises d'eau sont sans vannage ou avec des vannages en mauvais état, laissant perdre de l'eau; ces pertes causent un détriment sérieux à celui qui utilise la chute, car elles sont entièrement perdues pour lui et vont disparaître dans les nombreuses mardelles-bétoirs des prairies de Petiteville, des Brosses, Gauquelin, etc.

Irrigue-t-on ces prairies, la majeure partie de l'eau est absorbée par ces gouffres que l'incurie maintient, et les prairies en aval n'en reçoivent qu'une très faible partie. Les propriétaires de ces prairies irriguent-ils à leur tour, les mêmes inconvénients se présentent, berges insuffisantes, fonds de prairie trop bas pour rendre l'eau au voisin en aval, mardelles-bétoirs absorbant l'eau, mardelles-bétoirs mal bouchées, et oblitérées en dépit du bon sens, de sorte que chaque propriétaire perd toute l'eau qui lui sert pour son irrigation, et on arrive ainsi au moulin de Pel où ces pertes diminuent, pour cesser complètement 7 à 800 *m* en aval au delà du chemin de Saint-Christophe.

D'autre part, aucun règlement d'irrigation, chacun fermant son vannage, la plupart du temps non autorisé, et irriguant à toute époque et à sa guise; le résultat est donc la perte par les mardelles-bétoirs de prairie, de l'eau qui se perdait avant par les bétoirs du lit de la rivière; l'oblitération de ces bétoirs n'a diminué en rien la quantité d'eau qui va aux sources; elle n'a pu qu'empirer la situation au point de vue matière organique et bactéries.

Le remède consisterait à appliquer les arrêtés préfectoraux, nombreux, interdisant d'irriguer aux propriétaires de prairies qui ont des fonds plus bas que le propriétaire en aval, ou des gouffres absorbants. Notons que les prairies de Chennebrun sont de véritables lieux d'effondrement du sous-sol crayeux.

Desiderata. — L'oblitération des bétoirs des affluents de l'Avre aurait cet avantage d'amener l'eau en aval, de façon que les pertes se fassent par des terrains perméables où la filtration serait lente et régulière, au lieu d'une absorption brutale, qui ne laisse pas le temps à la matière organique ni aux microorga-

nismes d'être détruits. Le desideratum est d'oblitérer les bétoirs et surtout les mardelles-bétoirs, et de laisser les eaux filtrer lentement dans le sol, là où le terrain de fond de vallée est perméable.

Je ne saurais trop appuyer sur une erreur de M. Martel disant que l'étanchement des bétoirs est impossible à réaliser, attendu que lorsqu'on en bouche un, il s'en forme un autre à côté! Le fait est inexact, et l'expérience est absolument contraire à cette assertion, quand l'oblitération est faite suivant toutes les règles de l'art. Du reste, le bétoir est une excavation sans profondeur.

Nature des eaux absorbées par les bétoirs et par les mardelles-bétoirs.

La description des eaux absorbées, par le si distingué spéléologue Martel, est le modèle du genre, dans son ouvrage *les Abîmes* en traitant de l'Avre.

Extrait des « Abîmes » de M. Martel. — « Nous pouvons remarquer qu'à Morvilliers, Lamblore, Boissy-le-Sec, la Lambergerie » haute, les bétoirs absorbent les eaux absolument impures des » lavoirs et des fermes. Celles des Haies-Blot, de la Vallée, de » la Blottière, du Souci, font disparaître des eaux non moins » malpropres, car elles ont traversé des villages et des abreuvoirs (à Randonnai, par exemple) qui les ont polluées, et elles » proviennent d'étangs pour la plupart très marécageux. Celui de » Randonnai, plein de roseaux et d'infusoires, n'a qu'une eau » jaunâtre et stagnante; ceux du Gré (source de l'Avre supérieure) et du Pochet sont d'infects marais où la décomposition » des plantes aquatiques couvre l'eau brune d'une pellicule » irisée. L'eau opaque de l'étang de Rudelande, un peu moins » herbeux, n'est guère plus avenante. Les canards seuls osent » se baigner dans celui du Haut-Coudray. A la Ferté-Vidame, » l'étang du Bourg est un véritable égout. En un mot, toute l'eau » des étangs et des ruisseaux qui en sortent, est aussi désagréable » que possible. »

Proximité des bétoirs, des cimetières et des lavoirs. — A cette description on pourrait ajouter ce qui suit, qui est l'exacte vérité : les ruisseaux reçoivent près des derniers bétoirs, les eaux des lavoirs, les déjections de toute nature des bestiaux qui

vont y boire quelques mètres en amont; on y aperçoit souvent des débris sans nom et putréfiés d'abattoirs, des cadavres de rats, de chiens et de chats, qui arrivent ainsi aux bétoirs avec tous les déchets de la vie et les débris de toute sorte, où tout cela s'arrête. On se demande même si, à Boissy-le-Sec, il n'y a pas une intention préméditée d'y apporter ces débris. Les cimetières et lavoirs de Boissy-le-Sec, de Morvilliers et de Lamblore sont à une trentaine de mètres, ou des bétoirs ou du cours d'eau; le sous-sol des cimetières est drainé par le sous-sol de la vallée, et tout est conduit aux sources. Celui de Boissy est à 5 *km* des sources. Nous verrons, dans la partie chimique et bactériologique, ce qu'on doit penser des eaux de l'Avre, mais nous ne devons pas terminer cette étude sans signaler les trois ou quatre mardelles-entonnoirs très rapprochées de la source du Chêne, dernière du groupe du Blaou, et qui absorbent les eaux de ruissellement des chemins et des terres labourées voisines. N'oublions pas une mardelle, située près du château de la Courangère commune de Boissy, qui reçoit les cadavres des chiens abattus dans la commune, ainsi que les veaux mort-nés ou morts d'épidémie.

Le propriétaire du terrain de cette mardelle, qui a une meute, y fait jeter la majeure partie de ses chiens, morts d'une façon ou d'une autre. La mardelle en question, véritable dépôt mortuaire d'animaux, est en forme de puits cylindrique.

Quantité d'eau minimum en hauteur d'eau absorbée par le sol pour la justification du débit des sources.

Le débit des sources captées varie entre 70 000 m^3 par jour et 120 000. Lorsque le débit est réduit à 70 000, le débit de la source de Poëlay, en amont, est réduit à quelques litres; au-dessous de 70 000 aux sources captées, la source de Poëlay ne coule plus, son altitude étant supérieure de 5 *m* à celle de la plus haute du groupe du Nouvet. On est dans la vérité en admettant un débit moyen constant de 100 000 m^3 par jour, pour toutes les sources, y compris celle du Petit-Launay, en aval des sources captées.

Premier Calcul. — La superficie du bassin de l'Avre arrêtée au droit des sources captées est d'environ 23 000 *ha;* celle de la

Vigne d'environ 11 000, soit donc 34 000 *ha;* s'il n'y avait pas de terrains aussi perméables dans les vallées, ni de points particuliers d'absorption d'eau en masse, la quantité d'eau pour l'alimentation d'eau des sources serait, par hectare, de

$$\frac{100\,000 \times 365}{34\,000} = 1\,073\ m^3,$$

correspondant à une absorption en hauteur d'eau de 107 *mm* dans l'année.

Les quantités d'eau tombées en 1896, 1897, 1898 à Verneuil et constatées au pluviomètre des Ponts et Chaussées sont de 643 *mm*, 499,3 *mm* et 443 *mm*, soit une moyenne pour ces trois années, de 528,5 *mm*. La quantité d'eau absorbée, de 107 *mm* pour les sources serait, rapportée à la quantité tombée, de

$$\frac{107}{528} = 20{,}26\ 0/0.$$

Or l'eau de pluie tombée peut se diviser en cinq parties :

La partie absorbée par les lits de rivière et fonds perméables des vallées; La partie s'infiltrant par les coteaux;	20,26
La partie qui s'écoule dans la rivière, non absorbée dans les crues; La partie qui est enlevée par l'évaporation directe; La partie qui est absorbée par la végétation.	79,74
	100,00

En été, la partie enlevée par l'évaporation directe est très forte: les pluies d'été ne profitent généralement pas aux sources; dansle cas particulier de l'Avre, il ne faut pas oublier que ces eaux, eaux d'orage généralement, pénètrent peu la terre, par suite du peu de durée de cette pluie intense généralement, *mais profitent aux bétoirs*, c'est-à-dire aux sources. On admet généralement que dans cette partie de la France, 25 à 30 0/0 de l'eau tombée est utilisée par les sources; quelques ingénieurs comptent même sur une absorption effective par le sous-sol de 50 0/0, l'autre moitié étant transformée en vapeurs, ou utilisée à la nutrition des végétaux, ou coulant dans le lit des rivières. Le calcul indiqué plus haut marque que 20,26 0/0 de l'eau tombée suffit, c'est-à-dire une quantité bien inférieure à toutes ces appréciations.

Deuxième Calcul. — On peut présenter le calcul d'une autre manière; les jaugeages effectués par les Ingénieurs de la ville de Paris nous ont permis de trouver un minimum de 25,77 0/0. en été, pour l'eau absorbée par les bétoirs, et 75,84 0/0 dans les mois d'hiver; moyenne de 5 mois 49,84 0/0, soit 50 0/0

Sur les 100 000 m^3 débités quotidiennement, comme moyenne, par l'ensemble des sources, il restera donc à justifier les autres 50 0/0, soit 50 000 m^3. Appliqué aux 34 000 *ha* de cette partie du bassin de l'Avre, nous obtenons 54 *mm* d'eau de filtration, qui, rapportée à la moyenne de hauteur d'eau tombée de 0,528, donne 10,20 0/0 d'absorption par les terrains si variables de composition de l'argile à silex, et cela sans tenir aucun compte des sables du Perche recouverts par cette même argile dans la partie haute. Tenant compte de l'importance capitale du ravin de Gournay, qui amène l'absorption justifiée par les bétoirs, mardelles-bétoirs et terrains perméables à 69,43 0/0, du débit de toutes les sources, il resterait donc à justifier, non plus 50 0/0, mais 100 — 69,43 0/0 ou 30,57 0/0, soit 30 570 m^3.

La quantité annuelle serait $30\,570 \times 365$, et rapportée aux 34 000 *ha*, à $\frac{30\,570 \times 365}{34\,000} = 33$ *mm* de hauteur d'eau.

Ces 33 *mm* rapportés à la hauteur d'eau moyenne tombée, de 0,528, donnent 6 0/0 pour l'absorption par l'argile à silex, c'est-à-dire un minimum au-dessous de la vérité.

V

ÉTUDE CHIMIQUE & MICROGRAPHIQUE

Considérations générales.

Les eaux de la surface pénétrant dans le sol éprouvent dans leur composition des modifications profondes qui peuvent se résumer : par des *dissolutions* de matières solubles empruntées aux terrains qu'elles traversent; par une *filtration capillaire* qui leur fait abandonner les matières solides qu'elles tiennent en suspension, qui les rend claires et limpides, de troubles qu'elles étaient; par une *combustion des matières organiques dissoutes* sous l'influence de l'oxygène et des agents multiples de transformation existant dans les couches superficielles du sol dans une épaisseur très minime ; par la *destruction des microbes* qu'elles contiennent.

Une eau chimiquement pure ne se rencontre pas et serait impropre aux besoins de la vie ; d'autre part, les matières organiques, sous l'influence des germes nitrificateurs, se sont minéralisées et il en reste le moins possible. La pureté absolue n'existant pas, une classification a été adoptée pour la pureté relative des eaux qui doivent servir à de si nombreux usages industriels. Une couche de sable supérieure à 1 *m* est suffisante pour filtrer l'eau et la débarrasser presque complètement des matières organiques et des germes pathogènes. C'est une erreur de croire que c'est une question de temps ; ce n'est qu'une question de conduits capillaires et d'une pellicule superficielle.

Nous examinerons donc les eaux de source de l'Avre aux divers points de vue suivants :

Degré hydrotimétrique total et persistant, chaux, chlore, matière organique, azote nitrique, résidu sec à 180°, bactéries, eaux troubles.

Degré hydrotimétrique.

M. Humblot, l'inspirateur technique du rapport parlementaire Gadaud, indique 17°6 comme degré hydrotimétrique, et 1°5 persistant après l'ébullition. Il ne mentionne qu'un seul essai, et, de ce seul et unique essai, il en a fait la base de son rapport pour nier de la façon la plus catégorique que les sources étaient, en majeure partie, la réapparition des rivières absorbées par le sous-sol perméable ou les bétoirs.

Les eaux absorbées, disait-il, marquent 7°4 hydrotimétriques et les sources 17°6 ; il n'y a aucune relation, et il ajoute qu'*après ces observations, on n'osera plus répéter, nous l'espérons, que les sources de la Vigne ne sont qu'une réapparition de l'Avre.*

Les essais continus de M. Albert Lévy, de l'Observatoire municipal de Paris, viennent infliger le plus cruel démenti aux assertions du savant ingénieur. En effet, tout est *variable* dans les eaux de source de l'Avre : *degré hydrotimétrique*, *teneur en chaux*, en *nitrates*, en *matière organique* et en *bactéries*. Le degré hydrotimétrique est descendu à 13°7, deuxième quinzaine de mars 1897, et s'est élevé à 19°2, deuxième quinzaine de septembre 1898, l'eau superficielle de l'Avre en amont variant de 4° à 7°4.

Les graphiques comparés des quantités de pluie tombées et du degré hydrotimétrique démontrent, surtout en hiver et avec des prises d'essai rapprochées, la relation entre les pluies des pre-

miers jours de janvier 1899 et l'*effondrement du degré hydrotimétrique* à la même époque, les relèvements après les pluies, les abaissements de mai. Nous avons donc la preuve, par l'Observatoire municipal, du mélange considérable d'eaux de ruissellement, faibles comme teneur hydrotimétrique, avec les eaux des réservoirs souterrains de la craie, à teneur hydrotimétrique élevée ; les expériences de coloration, c'est-à-dire des chemins suivis par l'eau absorbée par les bétoirs, concordent entièrement avec les idées que l'on s'était faites de ces mélanges.

Si nous comparons les degrés hydrotimétriques de l'Avre avec ceux de la Dhuis et de la Vanne, nous voyons qu'ils sont moins élevés ; donc, au point de vue industriel, les eaux de l'Avre sont préférables. Les moyennes de 1886 à 1897 pour la Dhuis et la Vanne, et de 1893 à 1897 pour l'Avre sont de : Dhuis 23°1, Vanne 20°5, Avre 16°4.

Le rapport Gadaud dit que le degré hydrotimétrique persistant après ébullition est de 1°5 ; il est fâcheux que cette erreur, car elle ne peut être supposée qu'erreur, n'ait pas été rectifiée ; la moyenne de l'Avre après ébullition est de 5°8, de la Dhuis 6°3, et de la Vanne, 4°6, sans que jamais, même pour la Vanne, on soit descendu à moins de 3°9. Nous n'attachons aucune importance à cette erreur depuis qu'un ministre des Travaux publics, pour la question de l'Avre, confondait hectolitre et mètre cube.

Il résulte du rapport parlementaire Gadaud que le titre hydrotimétrique de l'Avre, en amont de ses pertes, est de 7°4. Ce titre est le même pour les ruisseaux de Lamblore et de Butternay. Le titre si bas démontre péremptoirement que les sources de tête de ces trois rivières sont des sources fournies par l'argile à silex. Il suffit de quelques bancs de glaise pour empêcher les eaux absorbées par l'argile à silex de descendre dans la marne.

Notre très distingué Collègue, M. Bonnin, décédé, avait fait, de 1862 à 1865, une étude très sérieuse sur le degré hydrotimétrique de toutes les sources qui alimentent les rivières du département de l'Eure. De ces études très curieuses, il résulte que toutes les sources de toutes les rivières du département de l'Eure, même prises à l'origine, sortent de la craie avec des degrés hydrotimétriques de 18 à 23 ; seule l'Avre, par ses eaux qu'il avait essayées avant les pertes, lui démontrait que les sources de tête de l'Avre ne sortent pas de la craie ; ce que chacun peut consulter en lisant ses travaux à ce sujet ; mais aussi, toutes les sources de l'Avre, après les pertes, sont des eaux sortant de la

craie, comme celles de l'Iton, de l'Eure, de la Risle, de la Charentonne, du Rouloir, de l'Epte, etc. J'ai tenu à citer les travaux de notre Collègue dans cette circonstance.

Teneur en chaux.

Les remarques faites au sujet du degré hydrotimétrique s'appliquent entièrement à la teneur en chaux qui varie entre 63 *mg* par litre et 94, avec une moyenne de 84 pour l'Avre, de 109 pour la Dhuis et 113 pour la Vanne. Au point de vue de son emploi pour l'alimentation des chaudières, l'eau de l'Avre est donc préférable.

Teneur en nitrates.

Les analyses si connues de M. Schlœsing, et les notes qu'il présenta à l'Académie des Sciences les 13 avril et 11 mai 1896, ont démontré que les titres nitriques et calciques varient en sens contraire des débits des sources, tandis que, pour la Dhuis et la Vanne, les variations n'ont aucun rapport avec les débits des sources. Il en concluait que les sources de la Vanne et de la Dhuis sont de vraies sources, et que les sources de l'Avre sont un mélange, en proportions très variables, de deux sortes d'eaux, l'une avec des titres calciques et nitriques peu variables, l'autre avec des titres très faibles. Le mélange ferait diminuer les titres en cas de pluie, et, en cas de sécheresse, les titres tendraient à revenir au titre des eaux de source. Cette démonstration par l'analyse chimique, tant par les essais de M. Schlœsing que par ceux de l'Observatoire municipal, vient détruire de fond en comble les allégations erronées du rapport Gadaud. La rapidité des variations de titres, de deux à sept jours après les pluies, qui s'explique par l'absorption subite des ruissellements abondants pendant les dégels et les pluies prolongées, est en opposition flagrante avec cette allégation de l'éminent Ingénieur du Service des Eaux de 1887 *que la très grande partie de l'eau absorbée par les bétoirs ne peut y parvenir qu'après une filtration extrêmement lente et semblable à celle qui forme les eaux de source en général.* Les quantités moyennes d'azote nitrique sont, respectivement, pour les eaux de l'Avre, de la Dhuis et de la Vanne : 2,9, 2,9 et 2,6 *mg* par litre et d'acide nitrique, de 11,2, 11,2 et 10 *mg*, c'est-à-dire sensiblement égales.

C'est dans ces essais que M. Schlœsing nota la présence de matière humique dans les eaux de l'Avre, plus que dans l'eau de la Dhuis et rien dans l'eau de la Vanne. La cause, cherchez-la dans les absorptions par les mardelles-bétoirs des eaux de l'Avre venues de ses étangs de tête.

Résidu sec à 180°.

Évidemment que par sa plus faible teneur en chaux, les eaux de l'Avre devaient donner un résidu sec plus faible que celui des eaux de la Vanne et de la Dhuis. Les moyennes sont les suivantes : Avre 227 *mg*, Dhuis 283, Vanne 255.

Chlore.

La caractéristique de l'Avre est sa teneur en chlore; les moyennes sont : Avre 11 *mg*, Dhuis 7, Vanne 5; le maximum de l'Avre est 13.

Matière organique.

Une eau est considérée comme très pure lorsqu'elle contient moins de 1 *mg* par litre de matière organique, potable moins de 2, suspecte de 3 à 4. Ce poids de matière organique est représenté par le poids d'oxygène emprunté au permanganate de potasse.

Les moyennes de 1897 sont : Avre 0,8 *mg*, Dhuis 0,6, Vanne 0,4 avec un maximum de : Avre 1,4 *mg*, Dhuis 1,4, Vanne 0,7 et un minimum de : Avre 0,5 *mg*, Dhuis 0,2, Vanne 0,2.

En 1899, l'Avre a atteint 1,7 *mg* et la Dhuis 1,9.

Avec des prises d'essai de quinzaine, le graphique ne donne rien; mais si les prises d'essai sont plus rapprochées, le tableau s'éclaire instantanément, si on le compare aux quantités d'eau tombées, où, même en été, malgré une évaporation rapide qui ne profite pas ailleurs aux sources, on voit *l'augmentation de la matière organique être en relation intime avec la pluie tombée.*

En effet, pluie de fin décembre, augmentation de la matière organique, avec un retard provenant de la distance des points d'absorption aux sources; manque de pluie du 15 février au 7 mars, diminution de la matière organique; pluies des 8 et 9 mars, relèvement et ces pluies sont faibles; pluie violente du

22 avril, 28,2 *mg*, augmentation très forte de la matière organique.

On peut dire que la précision des analyses, comme matière organique, de l'Observatoire municipal, permettrait presque de déduire la quantité d'eau qui a dû tomber quelques jours avant la prise d'essai, et réciproquement les pluies tombées produisent, de trois à six jours après, une augmentation de matière organique dans les eaux des sources de l'Avre, que l'on pourrait déduire de la pluie tombée; une pareille concordance n'avait jamais été reconnue ni présentée au public. On peut dire que le débat est jugé : la matière organique est fonction directe de la quantité de pluie qui aura lavé les terres meubles; le danger existe par les mardelles-bétoirs, qui ne filtrent pas, et conduisent directement l'eau contaminée dans les réservoirs souterrains de la craie turonienne; il est moindre par les bétoirs; il doit être réduit au minimum par les terrains perméables faisant fonction de filtre.

Bactéries.

Les renseignements donnés par le docteur Miquel du Laboratoire de micrographie, permettent de juger nos eaux de source pour 1897; les bactéries sont par centimètre cube :

Avre,	minimum	75;	maximum	9 020;	moyenne	1 390
Dhuis,	—	37;	—	11 650;	—	2 175
Vanne,	—	85;	—	9 000;	—	635

En 1899, les maxima ont été les suivants :

Avre, 1re quinzaine de janvier 13 740; 2 avril 17 850;
Dhuis, 27 avril 36 100;
Vanne, 13 juin 2 700.

Les tableaux de l'*Annuaire de l'Observatoire municipal* permettent de se convaincre que les eaux de source les plus pures amenées à Paris en 1897 sont d'abord celles de la Vanne, ensuite celles de l'Avre, puis en dernier lieu celles de la Dhuis.

Graphiques comparés a la pluie tombée. — Les graphiques comparés de la quantité de microbes à la quantité d'eau de pluie tombée n'indiquant, jusqu'au 1er janvier, que des prises d'eau de quinzaine, étaient insuffisants; malgré cela on peut voir que la deuxième quinzaine d'août de 1897 pluvieuse et la première quinzaine de janvier correspondent non seulement à une aug-

mentation de matière organique, mais aussi à une *augmentation exagérée de microbes;* la seconde quinzaine d'octobre n'a pu en permettre la constatation, d'une part parce que l'eau avant d'arriver aux sources met de deux à sept jours, d'autre part, que la prise d'essai a pu être effectuée avant l'arrivée de l'eau aux sources; malgré cela l'indication est précieuse. Après le 15 janvier les prises d'essai sont tous les sept jours, puis, après le 26 février, à des jours désignés, plus rapprochés. On arrive dans ce cas à un graphique des plus éloquents; *à l'absence de pluies, minimum de bactéries; à des pluies de 11* mm *de total pendant trois jours* correspond une *recrudescence de bactéries;* l'eau cesse, diminution; nouvelle pluie, nouvelle recrudescence; grande pluie de 28,2 *mm* du 22 avril, suivie de petites pluies infinitésimales les jours suivants, *véritable inondation de microbes*, qui atteint le nombre de 17 850; *tous les graphiques concordent; il n'y a plus aucun doute possible;* le rapprochement des prises d'essai indique la rapidité de la contamination des eaux de source par les eaux de pluie qui ont balayé terres et chemins et fait déborder les étangs infects de tête. Aussi, puis-je me permettre de poser hardiment les principes suivants, indéniables, pour les eaux de source de l'Avre :

Le degré hydrotimétrique, la quantité de chaux et de nitrates, varie deux jours après la pluie et a son minimum six à huit jours après; la pluie diminue le degré et les titres; plus la pluie a été abondante, plus l'abaissement est considérable.

La quantité de matière organique et la quantité de bactéries augmentent dans le même délai ci-dessus, et proportionnellement à la hauteur d'eau tombée; des *quantités d'eau de 3* mm *de hauteur* sont nettement accusées par l'*augmentation de microbes*. On ne pouvait pas trouver avec les quantités d'eau tombées d'indicateur plus sensible de l'augmentation des bactéries; si quelques lacunes paraissent exister, c'est que la pluie peut, en cas d'orage, être très violente à 10 *km* de Verneuil, aux points d'absorption, et ne donner que quelques dixièmes de millimètres au pluviomètre de cette localité. L'exactitude mathématique serait prouvée à chaque instant avec des pluviomètres établis à des distances de 6 *km* en 6 *km* à partir des sources dans les vallées de la Lamblore, du Buternay et de l'Avre. Quoi qu'il en soit, les résultats obtenus sont très concluants, et, là encore, on peut deviner ce qui se sera passé; d'une augmentation de microbes, on en déduira presque le jour des pluies et la hauteur tombée en millimètres.

Hélas! le dernier argument du grand Ingénieur Humblot, l'argument du minimum de la matière organique et des bactéries pour prouver qu'il n'y avait aucune relation entre l'eau des bétoirs et l'eau de source, cet argument se retourne absolument contre lui; ces éléments s'élèvent démesurément et on peut dire que jamais rapport d'ingénieur n'eut un démenti pareil des faits.

La conclusion logique est l'oblitération des nombreuses mardelles-bétoirs signalées dans les cours d'eau et dans les prairies de Chennebrun, et des bétoirs ordinaires, laissant à la masse considérable des terrains perméables de vallées la fonction de filtre à peu près parfait. Ce n'est plus un intérêt particulier, c'est l'intérêt général qui est en jeu.

« Description des eaux absorbées », par M. Martel. *(Les Abîmes.)*

Nous rappellerons ici la description des eaux absorbées, faite par M. Martel et cela dans le chapitre précédent (page 462).

On peut répondre : Qu'est tout cela en présence du produit du tout à l'égout qui est envoyé dans les champs d'épandage de Gennevilliers et d'Achères? La matière organique de 48 *mg* à 89 *mg* par litre est réduite entre 1 et 1,6 *mg* et de 7 850 000 bactéries par centimètre cube à 4 365 en 1897.

Si on examine froidement les faits avant de conclure, on trouve que la matière organique a dépassé 1 *mg* du 15 décembre 1898 au 26 février, du 18 avril au 6 mai, du 26 mai au 5 juin; que les bactéries ont été supérieures à 500 par centimètre cube pendant les 13/24 du temps. Il y a lieu de faire tout le possible pour améliorer une situation pareille, excellente pendant cinq mois et demi, et déplorable pendant le reste de l'année.

Avec des quantités de bactéries dépassant 1 000, et atteignant 13 740 et 17 850 n'y a-t-il pas à craindre que des microbes pathogènes ne passent avec la plus grande facilité. La Dhuis n'est-elle pas arrivée à une des prises d'essai à 36 000? Or, tout laisse croire que la filtration capillaire ne se fait plus bien aussitôt qu'il tombe 5 *mm* d'eau dans une journée; si les *colonies inoffensives ne sont pas détruites, pourquoi admettrait-on que les microbes pathogènes le fussent?*

Exemples de contamination. — Citons des exemples : Deux matelots débarquent à Toulon, en 1884, atteints de l'épidémie

cholérique. Après guérison, ils se rendent à Yport, leur village natal, dans la Seine-Inférieure; leur linge fut lavé et égoutté dans le ruisseau de la localité dont l'eau fut suffisamment contaminée pour transmettre rapidement la maladie à un grand nombre de riverains.

Qui n'a encore en mémoire l'épidémie de fièvre typhoïde de Besançon, alimentée par la source d'Arcier? Cette source recevait par un gouffre, à 3 *km* de sa naissance, les eaux vannes du village de Nancray qui avait été atteint par une épidémie de fièvre typhoïde. Les expériences de M. Jeannot et du docteur Thoinot, avec la fluorescéine, prouvèrent que le bacille typhique et la fluorescéine avaient suivi le même chemin, l'une sans se décolorer et l'autre restant aussi dangereuse. On peut citer également l'épidémie de fièvre typhoïde de Sauve (Gard) et quelques autres encore. Or, il n'y a plus d'illusion à conserver, plus de 70 0/0 de l'eau des sources de l'Avre provient d'eaux superficielles.

Lorsque l'absorption a lieu par les nombreuses mardelles-bétoirs citées, l'eau se rend tumultueusement par les cheminées d'effondrement dans les cavités de la marne, avec une filtration insuffisante, pour la majeure partie et en sort de même; l'autre partie, qui circule dans les graviers et sables sourceux du fond de la vallée, se filtre, perd une forte proportion de sa matière organique et de ses colonies bactériennes avant de se rendre dans la craie; les eaux de la majeure partie des sources de l'Avre sont donc de nature vauclusienne.

Supposons que les matelots ci-dessus en question se fussent rendus à Boissy-le-Sec au lieu d'Yport, à 5,500 *km* des sources; *y a-t-il quelqu'un, qui puisse certifier, avec la plus parfaite sécurité, que les points d'absorption, qui sont impuissants à détruire les colonies inoffensives, détruiront le germe du choléra et le bacille d'Eberth?*

Eaux troubles.

Le 30 décembre 1898, il tombait 8,1 *mm* d'eau à Verneuil; le 1er janvier, 7 *mm*; le 2, 22 *mm*; le 3, 4 *mm*. Le 2 au soir, les eaux des sources captées étaient laiteuses dans toute la vallée, sauf, dit-on, à la source du Breuil, et peu à la source du Petit-Launay. Le niveau piézométrique de la nappe souterraine s'était brusquement relevé de 6 *m* environ aux sources Gonord; l'eau avait jailli brusquement du fond des sources éphémères, puis

deux jours après, le niveau piézométrique s'étant subitement établi, la plupart ne coulaient plus. La pluie avait été à peu près générale en France. Du *Bulletin municipal officiel de la Ville de Paris*, on extrait les renseignements suivants :

	Avre.	Dhuis.	Vanne.	Eau tombée à Verneuil.
1re quinzaine de janvier.	eaux troubles	»	»	50,2 *mm*
3e semaine	id.	eaux troubles	eaux troubles	12,6
4e —	id.	id.	eaux limpides	0,5
5e —	eaux limpides	eaux limpides	id.	7,0
6e —	id.	id.	eaux troubles	7,4
7e —	eaux troubles	eaux troubles	id.	10,9
8e —	id.	id.	id.	0,0
9e —	id.	id.	eaux limpides	0,0
10e —	eaux limpides	eaux limpides	id.	11,7
11e —	id.	id.	id.	0,0
16e —	eaux troubles	id.	id.	36,7
17e —	id.	eaux troubles	id.	3,6
18e —	id.	id.	id.	0,5
22e —	id.	eaux limpides	id.	39,8

Il y a donc eu dix semaines de troubles, c'est-à-dire d'eau laiteuse, opaque dans les eaux de l'Avre. Ceci ne serait qu'un inconvénient tout à fait relatif si, malheureusement, ces eaux laiteuses n'étaient pas à ranger dans la catégorie de la limite des eaux potables, au point de vue de la matière organique, et suspectes au point de vue des bactéries.

AUGMENTATION DE LA MATIÈRE ORGANIQUE ET DES MICROBES DANS LES EAUX TROUBLES. — En effet, la matière organique passe de 0,5 *mg*, eaux très pures de l'Avre huit à neuf mois de l'année, à 1,7 *mg* et frise la qualification d'eaux suspectes; le nombre de bactéries passe de 50, minimum, à 100, 200, 300 et 500, à *10 035*, *13 740*, *17 850*, qualification *caractéristique d'eaux impures*.

Il est difficile d'admettre ce raisonnement que ces milliers de bactéries en plus ne changent pas la pureté de l'eau; si cela était (raisonnement de M. le Sous-Secrétaire d'État, bon pour la tribune), il n'est pas besoin de compter les bactéries, il suffira de mettre à la colonne bactéries la mention : aucun microbe pathogène, mais les bactériologues pensent le contraire avec raison.

Ces troubles se manifestent aussi éloquemment dans les eaux de la Vanne, mais dans une moindre proportion; durée plus

restreinte, moins de matière organique et de microbes que dans l'Avre dans les mêmes circonstances; quant aux eaux de la Dhuis, les troubles indiquent toujours comme pour l'Avre une augmentation considérable de matière organique et de microbes. Exemple :

15 à 21 janvier	1,7 *mg* de matière organique,	14900	bactéries
13 février	1,5	— 15600	—
1er juin	1,7	— 22920	—

De l'examen de ces analyses, on arrive à cette conclusion irréfutable :

Le trouble des eaux de source indique un dérangement complet dans la filtration souterraine qui se manifeste, en outre, par une augmentation notable de la matière organique et une pullulation de micro-organismes.

Essayons de nous rendre compte de ce qui se passe : après une sécheresse, survient une forte pluie, ou même sans la sécheresse, de ces longues et copieuses pluies automnales ou hivernales surtout; les champs regorgent d'eau, l'excès s'écoule par les plis, vallons, ravins, chemins, dissolvant de la matière organique et entraînant en suspension des matières argileuses; les nombreux ruisseaux débouchent dans la vallée principale; recueillez de cette eau superficielle, vous êtes obligé d'attendre quinze à vingt jours pour qu'elle soit clarifiée si elle a coulé sur des terrains argileux; avec les eaux du Guadalquivir, par exemple, l'eau n'est pas encore clarifiée au bout d'un mois.

Chose remarquable! Si vous prenez de cette eau jaune, filtrée naturellement dans les alluvions du lit de la rivière et prise convenablement, cette eau a une teinte laiteuse; quelle que soit la nature du terrain sur lequel elle a coulé superficiellement, le filtre en gravier et sable, bien arrangé, vous donnera toujours cette teinte laiteuse qu'un très long repos ne clarifie pas complètement; on pourrait croire qu'une matière glaireuse tient en suspension des parties infiniment petites qui ne peuvent se déposer que lentement.

Observez l'eau d'un des édicules des sources captées, tout fermé et avec un rayon de soleil; vous apercevez en suspension dans l'eau une multitude de poussières très fines; prenez de l'eau de la source dans un verre, à la lumière, vous ne voyez qu'une eau limpide, claire comme du cristal, selon l'expression usuelle.

De cet examen, il résulte que la filtration des graviers et sables, filtration capillaire, est grossière; en cas d'eaux superficielles abondantes, vous avez une crue des sources et la teinte blanche, laiteuse, apparaît. Nous savons, en effet, que quelle que soit la finesse d'un sable sourceux, il y a 26 0/0 de vide théorique, et 33 0/0 pratiquement comme minimum; cette filtration capillaire est donc grossière; réduisez les vides; vous obtiendrez toute la série des filtres jusqu'au filtre Pasteur, avec une porosité de plus en plus réduite; alors toutes ces matières fines que vous avez vues en suspension dans l'eau, grâce à un rayon de soleil, cette teinte laiteuse, ces boues impalpables, inaperçues, mais que l'on voit cependant au fond des réservoirs d'eau des villes, les microbes même, tout cela sera arrêté par ces filtres qui n'auront pas de 26 à 33 0/0 de vide.

C'est toujours à la suite de pluies abondantes que les sources se troublent; les eaux superficielles, qu'elles entrent brutalement dans le sous-sol par des bétoirs ou des gouffres, ou plus lentement par une filtration lente dans des terrains perméables, ces eaux entrent en trop grande abondance et, par suite de la pression qu'exerce l'eau qui vient de pénétrer dans le terrain perméable sur l'eau qui y est entrée peu avant, la vitesse de filtration s'accélère d'autant plus que, par l'abaissement du niveau piézométrique, il y a un espace de 26 0/0 de vide sur 3, 4, 5, 6, 10 *m* de hauteur selon l'altitude du lieu et l'abaissement du niveau piézométrique. Il se produit de véritables tourbillonnants souterrains de l'eau pour remplir ce vide; d'où absence absolue de filtration jusqu'à ce que le régime soit établi.

En résumé, en cas de pluies dépassant 5 *mm* pour l'Avre. cette filtration imparfaite, générale pour toutes les eaux de source et les puits, s'accentue par les bétoirs et gouffres, qui conduisent l'eau trop rapidement aux grands réservoirs souterrains de la craie marneuse.

Les eaux laiteuses ne proviennent donc que de l'imperfection des filtres naturels à vides trop considérables, sous l'influence d'une trop grande épaisseur d'eau venue trop rapidement.

Une hauteur d'eau de 5 *mm*, tombée dans une heure ou deux, suffit pour rendre l'eau de source laiteuse; selon la distance du point d'absorption, il s'écoulera de un à sept jours.

D'après ces principes, les sources à altitude élevée, à cheminée en communication avec la craie marneuse, doivent être les plus troubles et par suite les plus chargées en matière organique

et en bactéries. Ce fait a été remarqué pour les sources captées à l'altitude la plus élevée; la source du Breuil, au contraire, qu'on peut appeler la source impeccable, la source calomniée sansauc une raison, présente une constance remarquable que nous avions devinée et que les essais chimiques et bactériologiques de l'Observatoire municipal démontrent péremptoirement. Ci-joint un tableau.

NOMS DES SOURCES		LE BREUIL	LE BLAOU	ÉRIGNY	BASSIN DE JAUGE
Degré hydrotimétrique		19,1	16,9	17,3	17
Chaux	totale *mg*	94	81	83	82
	carbonates —	92	82	84	82
	alcalino-terreux —	»	»	»	»
Matières organiques —		0,4	0,7	0,7	0,7
Chlore —		14	10	10	10
Azote nitrique —		4,2	2,4	2,5	2,3
Oxygène dissous	immédiatement —	6,6	7,6	7,4	9,2
	après 48 heures —	5,4	6,1	5,9	7
	coefficient d'altérabilité 100° C.	18	20	20	24
Résidu sec *mg*		267	227	234	228

La source du Blaou est, en effet, à cause de son altitude, celle qui a le plus petit degré hydrotimétrique, le minimum de nitrates et de carbonates, le plus de troubles, et celle du Breuil la mieux épurée, mais, par suite, la plus forte en chaux et nitrates, et celle qui ne se trouble pas ou peu.

VI

CRITIQUES SUR LES EAUX DES SOURCES DE L'AVRE

Les critiques de la presse ont porté sur les points suivants :

1° Défauts d'étanchéité de l'aqueduc depuis les sources jusqu'à Paris;

2° Communication des eaux du Bras-Forcé de Verneuil avec la source du Breuil;

3° Absorption des eaux superficielles par les bétoirs et gouffres, voisinage des cimetières, absorption des eaux des lavoirs.

Défauts d'étanchéité de l'aqueduc, depuis le bassin de jaugeage jusqu'à Paris.

Ces reproches n'ont aucune valeur; ceux qui les ont énoncés n'ont ni vu les plans, ni suivi l'exécution des travaux et sont incompétents.

Partout où l'on a craint l'accumulation d'eaux sous l'aqueduc, on a fait des drainages suivant toutes les règles de l'art; quand on a craint que les eaux rencontrées ne fissent une sous-pression sous le radier, ou une pression latérale, il a été établi latéralement des pierrées amenant l'eau à un drain général; quand, en souterrain, on a traversé des terrains trop humides avec nappes d'eau, la proportion de ciment a été augmentée, les rejointoiements soignés avant l'exécution de l'enduit plus soigné encore: enfin, emploi dans certains cas de ciment à prise rapide sur toute la surface de l'aqueduc, même à la voûte; partout on a isolé l'aqueduc des eaux extérieures, chaque point particulier étant un travail différent du voisin. Il n'y a donc à ce point de vue aucune contamination à craindre, ni aucune critique valable à présenter.

Communication des eaux du Bras-Forcé de Verneuil avec la source du Breuil.

Les travaux de captage par la ville de Verneuil de la source de Poélay ont démontré l'existence, rive gauche de la vallée, d'une couche de glaise de 4 *m* de largeur sur 1,5 *m* de hauteur isolant complètement ce canal, fait de main d'homme, de la source de Poélay; ce même banc de glaise existe au Breuil, côté droit de la vallée, isole la source par suite des eaux du coteau et les forcerait à se filtrer dans le gravier sableux sous-jacent sur 34 *m* de longueur avant d'arriver aux drains qui captent la source: du côté de la rivière, une digue en terre glaise, de 3 à 4 *m* de profondeur, isole absolument de la rivière, les sources captées; le sommet de cette digue est de 0,30 *m* au-dessus des hautes eaux d'inondation; de plus, la rivière reçoit des sources de fond au lieu d'être absorbée; on peut dire que c'est la mieux protégée et la mieux garantie; ces assertions se trouvent vérifiées par les analyses chimiques et microbiologiques qui prouvent que

c'est la source la plus pure de tout le groupe capté. Tout conclut donc à la pureté, en tout temps, à toute époque de cette source si calomniée. On ne saurait en dire autant du groupe des sources du Nouvet.

Absorption d'eau par les bétoirs, mardelles-entonnoirs de prairie, de plateau, mardelles-bétoirs du Buternay, du Souci, par les terrains de prairie des sources; eaux des lavoirs.

Là, toutes les critiques sont justes; l'examen du terrain le démontre, les analyses de l'Observatoire municipal les confirment; chaque critique peut être frappée d'un coefficient pour en indiquer la valeur; certains de ces coefficients peuvent être faibles, mais d'autres très élevés; le présent travail a signalé les bétoirs, les mardelles-bétoirs, les mardelles de plateau recevant les eaux d'égout des terres, la mardelle aux chiens crevés, les deux mardelles à 35 *m* de distance environ de la source du Chêne, du groupe du Nouvet; il a, en définitive, signalé des points non pas douteux mais certains, d'absorption, où microbes et matière organique entrent et ressortent sans diminution sensible, c'est-à-dire avec une filtration souterraine tout à fait insuffisante. Je ne parle ni des lavoirs, ni des cimetières, dont la proximité ou du terrain absorbant ou des sources peut inquiéter avec juste raison, ni de la prairie tourbeuse des sources, où, avec la chaleur, des fentes et des trous se produisent chaque été et peuvent servir à l'absorption des eaux torrentielles produites par un violent orage.

Aucune réfutation n'est possible contre ces critiques, en cas d'eaux troubles.

CONCLUSIONS

Si, en 1887, lors des études définitives sur le captage des sources de l'Avre, les connaissances sur le régime des eaux souterraines étaient moins grandes qu'actuellement; si les procédés d'analyse chimique et bactériologique étaient moins employés, moins perfectionnés; si l'on croyait à la composition constante des eaux de sources; si les moyens de présenter les résultats de ces analyses, avec d'autres éléments, sous forme de graphiques éloquents, n'étaient pas d'usage courant; si les opinions des Ingénieurs éminents de la Ville de Paris qui ont capté les sources, ne sont plus, fin 1899, celles de 1887; si, eux-mêmes, trouvent que l'œuvre de captage de 1890-1893 est perfectible, comme toute œuvre humaine, par suite de l'expérience acquise, pourquoi, après discussion, ne pas proposer ces perfectionnements, ces modifications, ce supplément de travaux, dont le but est de préserver de nombreuses vies humaines, de sérieux dangers d'épidémies toujours possibles?

Tel a été le but de ce travail impartial.

VII

ÉTAT JUSTIFICATIF DES EXCAVATIONS

BÉTOIRS

Le bétoir est le résultat de l'érosion de la couche de tourbe de prairie, ou, dans le lit de la rivière, de la couche argilo-sableuse qui sert de manteau au gravier perméable du sous-sol; le bétoir n'a pas de forme ni de profondeur sensible.

État récapitulatif des bétoirs.

COMMUNE	LIEU DIT	NOMBRE	OBSERVATIONS
Normandel (Orne) . .	Les Haies-Blot.	3	Au confluent du Ru et du ruisseau de Sainte-Nicole.
	La Vallée.	4	Id.
	La Vallée, prairie.	4	Id.
Moussonvilliers (Orne).	Le Souci.	1	Dans le ruisseau du Belloy, un peu avant les deux mardelles-bétoirs.
	Ruisseau de la Gohière.	»	Fond perméable.
Armentières (Eure) . .	Id	»	Id.
Saint-Victor (Eure) . .	Id.	»	Id.
Rohaire (Eure-et-Loir).	Buternay.	8	Dans le lit du ruisseau.
Boissy-le-Sec. Id.	Id.		
La Chap^le-Fortin. Id.	Vallée de La Chapelle.		Fond de vallée perméable.
Rohaire (Eure-et-Loir).	Id.	4	Id.
Boissy-le-Sec. Id.	Id.		Id.
Morvilliers Id.	Le Haut-Chevrier.	3	Id.
	Divers.	3	Id.
Saint-Victor (Eure) . .	La Lambergerie.	2	Prairie et divers points.
Pullay Id. . .	La rivière d'Avre.	»	Lit de l'Avre.
Verneuil Id. . .	Id.	»	Id.
		32	

MARDELLES-ENTONNOIRS

Ce sont des excavations tronconiques provenant d'effondrements dans la craie. Elles indiquent qu'en ces points les eaux souterraines doivent présenter le volume et le courant le plus continu.

1° Mardelles des plateaux et coteaux.

COMMUNE	LIEU DIT	NOMBRE	OBSERVATIONS
Rueil-la-Gadelière. .	La Louvetière.	3	D = 12 à 15 *m* H = 2,50 à 6,30
	La Mardelle-au-Cerf.	8	D = 12 à 26 H = 2,00 à 5,90
	Les Grandes-Mardelles.	6	D = 11 à 26 H = 2,00 à 8,60
	Le Bois du Plessis.	10	D = 45 à 22 H = 4,00 à 7,20
Beauche (Eure-et-Loir). .		1	A droite du Ch. V^al de Verneuil à Beauche.
Verneuil (Eure). . . .	Le Boulai-Gras.	1	Très ancienne. Sert d'égout aux terres.
	La Mardelle.	1	Id. Id.
	Id.	1	Postérieure à 1840. Id.
	Chemin de fer de Verneuil à la Perté.	1	Remblayée, produite en 1895 à 200 *m* du P.N.
	Beauvais.	1	Sert d'égout.
Boissy-le-Sec (E.-et-L.).	Les Loges.	1	Id.
	Les Harengères.	1	A flanc de coteau, côté droit du Buternay.
	Les Landes.	3	A droite du ch. des Landes à la Courangère.
	La Courangère.	2	A gauche du ch. S^t-Victor à la Courangère.
	Id.	2	A droite du ch. S^t-Victor à la Courangère.
	La Hinière.	3	Dans le bois en face Philmain.
	Id.	1	Flanc de coteau, rive droite de l'Avre.
	La Pinardière.	1	Plateau.
	Les Girondiers.	4	Dans le bois, dont 2 voisines.
	Quetley.	1	Coin du bois, à parois très raides.
Rohaire (Eure-et-Loir) .	La Genelière.	3	Anciennes.
Armentières (Eure) . .	Le Bourg.	4	1 ancienne et 3 récentes.
	La Chevallerie.	7	Caractéristiques.
Moussonvilliers (Orne).	Le Souci.	1	En face la mardelle-bétoir dans la prairie.
	Id.	6	Autres effondrements.
		73	

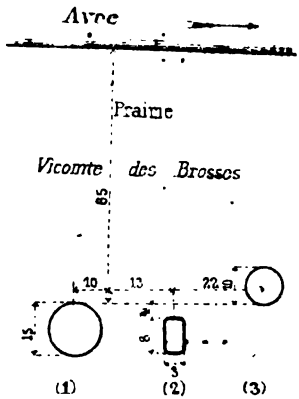
2° Mardelles-bétoirs dans le ruisseau (gouffres).

La mardelle-entonnoir, quand elle est dans le ruisseau, absorbe toute l'eau du ruisseau.

COMMUNE	LIEU DIT	NOMBRE	OBSERVATIONS
Moussonvilliers (Orne).	Le Souci.	2	Sur le ruisseau du Bellay.
Boissy-le-Sec (E.-et-L.).		1	Sur le ruisseau du Buternay, à 300 *m* aval du chemin des Landes à la Courière.
		3	

3° Mardelles-bétoirs dans les prés.

Ces gouffres absorbent les égouts des prés, les eaux d'irrigation et les eaux des crues.

COMMUNE	LIEU DIT	NOMBRE	OBSERVATIONS
Beaulieu (Orne). . . .	Vallée d'Avre.	2	
Saint-Maurice (Orne) .	Ruisseau de Saint-Maurice.	1	Rive droite, à côté du gouffre oblitéré de la Blottière.
		1	Près la limite de la commune de Beaulieu.
Moussonvilliers (Orne).		1	
		1	Rive droite du ruisseau de Saint-Maurice, prairie Gauquelin, D = 6, H = 1.
		2	Rive droite du ruisseau de Saint-Maurice, prairie veuve Fortin.
		1	Rive droite du ruisseau de Saint-Maurice, prairie héritiers Noel.
		1	Rive droite du ruisseau de Saint-Maurice, à 40 *m* du ruisseau, près le pont Janvier. Crevasses et fentes, continue à s'ébouler. D = 8. H = 4.
Chennebrun (Eure) . .	Vallée d'Avre.	1	
		1	
		1	
			Rive droite de l'Avre canalisée. H = 4. (2) reçoit les eaux des fossés d'égout des eaux passant par-dessus les berges ; (1), (2) et (3) reçoivent les eaux d'irrigation et des crues.
		4	4 autres plus petites recevant en tout temps les eaux des crues et des irrigations. Effondrement du terrain.
		1	Prairie de Petiteville, alimentée par vanne en mauvais état.
		2	Prairie St-Pierre et Gauquelin ; eaux d'irrigation.
Moussonvilliers (Orne).		1	Prairie Laisné ; irrigation et crues.
		2	Prairie Mesanger ; irrigation et crues.
		3	Prairie Mallet. Ruisseau de St-Maurice, en amont du Raccroc.

COMMUNE	LIEU DIT	NOMBRE	OBSERVATIONS
Moussonvilliers (Orne).		5	3 grandes, ruisseau de S^{t}-Maurice, protégées par digue.
		»	2 petites, ruisseau de S^{t}-Maurice, protégées par digue.
		»	S^{t}-Pierre, mal comblées.
Armentières (Eure). .		4	Prairie V^{te} des Brosses n° 191, rive droite, reçoit irrigations. D=2; H=0,50. D=5,00; H=0,6.
S^{t}-Christophe (Eure) .		3	Prairie Gauquelin n° 195, rive droite, reçoit irrigations; plus 3 trous absorbants.
		»	Prairies Gauquelin et Brard, n^{os} 200 et 201; affaissement. D = 5, 3, 2. H = 1,50, 1,00, 1,00.
Armentières (Eure). .		2	Avre, rive droite; prairie Puistienne, n^{os} 200 et 201. D = 1,00 et 2,00. H = 0,50.
		1	Avre, rive dr., n° 281. Trou de 0,50×0,50.
		2	Avre, rive gauche; mardelles-bétoirs mal bouchées, plus basses que le terrain en aval et absorbant l'eau d'irrigation et des crues.
S^{t}-Christophe (Eure) .	Vallée d'Avre.	1	Rive gauche, trou absorbant en tout temps.
Armentières (Eure). .		2	En aval du moulin de Pelle et des travaux exécutés. Rive gauche. Absorbent l'eau d'irrigation et de crues.
		1	Rive dr. Parcelle n° 8. Colas de Gournay. D = 6,00. H = 1,50.
St-Christophe (Eure) .		1	Rive gauche, à 18 *m* de la rive. N° 949. Reçoit les crues.
		1	Rive droite, à 50 *m* du pont de S^{t}-Christophe; reçoit toute l'eau d'irrigation; nombreux trous; prairie absorbante.
		»	Rive dr. N° 956. Divers trous absorbants.
Pullay (Eure)		1	Mare-vivier de la ferme de la Lambergerie; boit l'eau en 24 heures; rive gauche.
		1	Mardelle-bétoir-source; cas unique, rive gauche, dite du Gros-Chêne. La prairie au-dessus est la jonction de la vallée de Gournay avec la vallée d'Avre; nombreux points d'absorption.
Saint-Victor (Eure). .		1	Rive droite; dans la prairie de la Lambergerie où de nombreux travaux ont été faits, trou absorbant en cas d'irrigation et de crue.
		1	Rive droite; trou absorbant parcelle 163 avec une partie absorbante dans les berges.
		»	A 6 *km* de Verneuil, fin des trous absorbants.
		»	Le lit de la rivière, seul, *perd* ou *donne de l'eau* suivant le niveau piézométrique.
		52	

4° Mardelles-sources.

Elles n'existent que dans la vallée d'Avre et la courte vallée de la Vigne. Selon leur altitude, elles seront très éphémères, éphémères ou pérennes.

COMMUNE	LIEU DIT	NOMBRE	OBSERVATIONS
Pullay (Eure)		1	Mardelle-bétoir-source, cas unique, dite du Gros-Chêne, aval de la Lambergerie; rive gauche de l'Avre.
Saint-Victor (Eure). .		1	Rive droite, pied de la côte de Chalvigny, 1re fontaine. D = 10, H = 1,00.
		1	Rive droite, pied de la côte de Chalvigny, trou donnant de l'eau.
		1	Rive droite, pied de la côte de Chalvigny, 2e fontaine.
Boissy (Eure-et-Loir) . .	Vallée d'Avre.	1	Rive droite, fontaine ou trou Marvin caractéristique. D = 12,50. H = 5,00. Parcelle n° 92. M. de Boynes, à 40 *m* du bord de la rivière. Fontaine n° 4.
Verneuil (Eure). . . .		1	Rive gauche. D = 2,00. Fontaine n° 5.
Boissy (Eure-et-Loir) . .		1	450 *m* en aval, rive droite. D = 3. H = 0,60. Fontaine n° 6.
		1	75 *m* en aval, rive droite. D = 2, H = 0,60. Fontaine n° 7.
Verneuil (Eure). . . .		2	Rive droite, chemin de la Chabotière à Beauvais. Fontaines du Gril nos 8 et 9.
		1	Rive droite, fontaine du Poteau. D = 5,00. H = 1,20. N° 10.
		1	Rive droite, en prairie. N° 11.
		1	Rive gauche. D = 1,20. H = 1,00. Forme des puits non loin d'un chemin. N° 11.
		3	Rive dr. Lieu dit La Garenne. Nos 12, 13, 14.
		3	Rive gauche. Étang de France. Nos 15, 16, 17. 1 pour mémoire, de 1180, Gueule d'Enfer.
		1	Propriété Ferney, porte de la Ferté. N° 18.
		2	Sources Lesieur. Nos 19 et 20.
	Vallée de Vigne.	7	Groupe des sources de Rueil. Nos 21 à 27.
		27	

Fontaines ou sources non dues à des mardelles-entonnoirs d'effondrement.

COMMUNE	LIEU DIT	OBSERVATIONS
Verneuil (Eure). . . .	Fontaine du Chêne. — de Poêlay. — du Breuil, — de la Valette, en aval du Breuil. — des 3 Mulets — — du Petit-Launay — — de Monthuel —	

NOTE

SUR LE

CALCUL DES POUTRES

EN FER ET CIMENT

PAR

M. F. CHAUDY

On peut concevoir de différentes manières l'utilisation du fer et du ciment entrant dans la composition d'une poutre et, selon le cas, il y a lieu de faire un calcul approprié.

Mon but, dans cette note, est de montrer une des distributions logiques du fer qui peuvent être suivies et d'indiquer le calcul qui convient pour cette distribution, adoptée d'ailleurs par la Société de construction de travaux en ciment de la Plaine-Saint-Denis.

Je fais l'hypothèse suivante, dont le développement mathématique, dans chaque cas de la pratique, se fait exactement comme s'il s'agissait d'une poutre entièrement métallique :

Une poutre en ciment armé se compose de membrures métalliques continues, de montants métalliques tendus réunissant les membrures l'une à l'autre et les empêchant de s'écarter et, enfin, de béton de ciment englobant toute l'ossature métallique pour jouer le rôle de diagonales comprimées. L'adhérence de ce béton au fer joue le même rôle que la rivure d'attache des diagonales dans une poutre entièrement métallique.

On se rend compte que l'étude d'une pareille poutre ne peut donner lieu, comme nouveautés de calcul, qu'à un développement assez restreint. Théoriquement, en effet, il n'y a, dans l'hypothèse où je me place, aucune différence essentielle entre le calcul d'une poutre entièrement métallique et celui d'une poutre en fer et ciment dans laquelle se retrouvent tous les éléments de la poutre métallique.

Le calcul comporte d'abord la recherche des moments fléchissants et des efforts tranchants et, pour la pratique courante, ce calcul est le même, qu'il s'agisse d'une poutre entièrement mé-

tallique ou d'une poutre en fer et ciment telle que je l'ai définie plus haut.

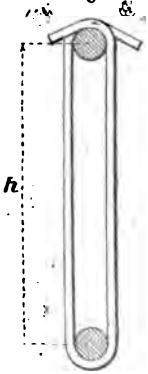
Lorsqu'il s'agira d'une poutre encastrée ou d'un arc, c'est-à-dire d'une poutre pour laquelle les moments fléchissants et les efforts tranchants ne pourront se déterminer sans faire intervenir l'élasticité, on se tiendra dans des conditions suffisamment approchées en prenant comme moment d'inertie de la poutre le moment d'inertie donné par l'ensemble des deux membrures métalliques. Si, en réalité, dans certaines parties de la poutre où il ne se fend pas, le béton, qui joue le rôle de diagonales, augmente un peu ce moment d'inertie, on ne fait, en négligeant cette augmentation, que commettre l'erreur analogue à celle qu'on commet lorsqu'on néglige, dans les poutres entièrement métalliques, la résistance à la flexion des barres de treillis.

Je n'ai donc qu'à montrer comment le travail moléculaire se déduit de la connaissance des moments de flexion et des efforts tranchants.

Étude de la poutre élémentaire.

La poutre élémentaire en fer et ciment se compose de deux fers ronds formant chacun une membrure. Ces deux membrures sont réunies entre elles au moyen d'étriers en fer rond d'un diamètre assez petit pour pouvoir être courbé sur place à froid. Le but de ces étriers, travaillant à l'extension, est d'empêcher les deux membrures de s'écarter l'une de l'autre. En coupe, l'ossature métallique de la poutre présente l'aspect que montre la figure 1.

Fig. 1.



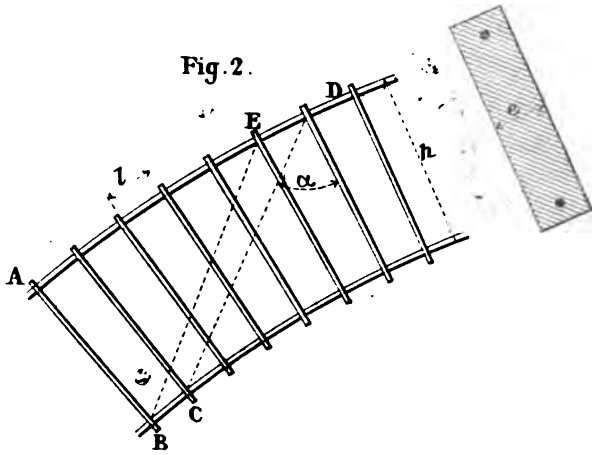
Le béton de ciment qui englobe cette ossature joue, dans ma théorie, le même rôle que celui qui serait rempli par les diagonales comprimées d'une poutre entièrement métallique à treillis en N.

Considérons une partie d'élévation de la poutre *(fig. 2)* et désignons par T l'effort tranchant dans une section quelconque AB. J'admets que le béton de ciment ajouté au fer constitue des barres inclinées telles que BCDE et je fais remarquer qu'on peut choisir l'inclinaison de ces barres d'un côté ou de l'autre des étriers, de manière que les dites barres soient comprimées.

On voit bien que si les étriers métalliques n'existaient pas, il

faudrait que le béton fournit des barres comprimées et des barres tendues ; comme le béton ne peut résister suffisamment aux efforts de traction, il s'ensuivrait que la poutre ne serait pas établie dans de bonnes conditions de résistance.

Fig. 2.



Les étriers métalliques constituent donc un élément indispensable dans la composition de la poutre et il faut les calculer.

D'autre part, il est bien clair que si j'attribue au béton le rôle des barres de treillis comprimées, ce béton ne peut, en même temps, jouer le rôle de membrure comprimée. De là la nécessité d'employer deux membrures métalliques.

Les étriers jouant le rôle de montants tendus doivent réunir les membrures et les empêcher de s'écarter. Il faut donc leur donner la forme de la figure 1 et non pas celle que je représente figure 3.

Fig. 3.

Ceci posé, la première question qui se présente à l'esprit est celle de la valeur qu'il convient d'attribuer à l'angle α d'inclinaison des barres fictives de béton sur les montants ou étriers. La condition dont je me servirai pour déterminer cet angle sera celle du travail minimum.

L'effort longitudinal φ dans une barre en béton est représenté par :

$$\varphi = \frac{1}{n} \cdot \frac{T}{\cos \alpha},$$

en désignant par n le nombre de barres soumises à l'action de T.

Or, désignons par l l'écartement entre deux étriers consécutifs; nous aurons :

$$n = \frac{h \operatorname{tg} \alpha}{l}.$$

Il suit de là :

$$\varphi = \frac{lT}{h \sin \alpha}.$$

Soit e l'épaisseur de la poutre élémentaire, c'est-à-dire l'épaisseur du béton. Le travail par unité de surface sera, pour ce béton, représenté par :

$$R_d = \frac{\varphi}{el \cos \alpha} = \frac{T}{eh \sin \alpha \cos \alpha} = \frac{2T}{eh \sin 2\alpha}.$$

On voit que R_d sera minimum pour $\alpha = 45°$. Dans les formules précédentes nous ferons donc $\alpha = 45°$; nous obtenons alors :

$$\varphi = 1{,}414 \frac{lT}{h}.$$

$$R_d = \frac{2T}{eh}.$$

Compression du béton au contact des membrures. — Ce qu'il importe surtout de vérifier, en ce qui concerne le béton, c'est le travail de compression de celui-ci au contact du fer rond de membrure. La compression sur une longueur l de membrure est représentée par :

$$\varphi \cos \alpha = \frac{lT}{h \operatorname{tg} \alpha}.$$

Si nous désignons par d le diamètre de la membrure, la compression par unité de surface sera représentée par :

$$R_b = \frac{T}{dh \operatorname{tg} \alpha} = \frac{T}{dh},$$

puisque $\alpha = 45°$.

Travail d'arrachement longitudinal entre le béton et les membrures. — L'effort longitudinal d'arrachement, pour une longueur l de membrure, est représenté par :

$$\varphi \sin \alpha = \frac{lT}{h}.$$

Par unité de longueur, cet effort est donc :

$$\frac{T}{h};$$

et, par unité de surface de contact entre le fer de membrure et le béton, il est :

$$R_a = \frac{T}{\pi dh} = 0{,}318 R_b.$$

Travail d'extension dans les étriers. — Le travail, par unité de surface, est représenté par :

$$R_e = \frac{lT}{h \times \frac{2\pi\delta^2}{4}} = 0{,}636 \frac{lT}{h\delta^2},$$

en désignant par δ le diamètre du fil rond qui forme l'étrier.

Détermination de l. — La valeur à donner à l, c'est-à-dire à l'écartement entre deux étriers consécutifs, dépend de la section donnée aux membrures métalliques. On doit donc commencer par calculer celles-ci, dans les applications.

Sous l'action du moment fléchissant μ, le travail des membrures par unité de surface est représenté par :

$$R_m = \frac{\mu}{h \frac{\pi d^2}{4}} = 1{,}273 \frac{\mu}{hd^2}.$$

Mais, en dehors de ce travail, il s'en produit un autre, qu'on peut appeler local, et qui est dû aux efforts exercés par le béton dans l'intervalle compris entre deux étriers consécutifs. L'effort total uniformément réparti est $\frac{lT}{h}$ et donne un moment fléchissant de :

$$\frac{l^2T}{12h},$$

en admettant l'encastrement aux appuis. Au travail R_m il faut donc ajouter :

$$R'_m = \frac{\frac{l^2T}{12h}}{\frac{\pi d^3}{32}} = 0{,}848 \frac{l^2T}{d^3h}.$$

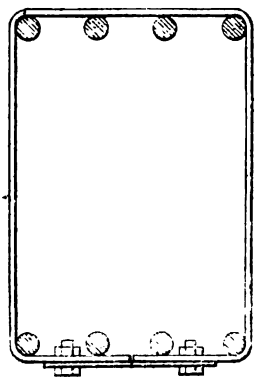
La vérification de la valeur donnée à l, dans les différentes parties de la poutre, se fera donc en vérifiant que $R_m + R'_m$ ne dépasse pas le coefficient admis pour le travail maximum du métal des membrures.

Indépendamment de cette vérification, il faut encore que la longueur l soit telle que le diamètre δ du fer rond formant l'étrier ne soit pas trop fort, de manière que ce fer puisse facilement se courber sur place à froid. Cette vérification se fait avec l'expression du travail R_e.

Étude de la poutre composée.

Il est aisé de comprendre qu'il ne peut être possible, dans tous les cas de la pratique, de satisfaire aux conditions d'un projet avec une poutre dont chaque membrure est formée uniquement d'un seul fer rond. Dans la plupart des cas, il faudra composer une poutre qui ne sera autre chose que la réunion de plusieurs poutres élémentaires accolées l'une à l'autre, en ayant soin de croiser les étriers. Cet accolement se fait d'abord au moyen du béton ; mais ce moyen étant insuffisant, il y a lieu de placer, de distance en distance, des étriers formant anneau qui englobent tous les fers des membrures. La figure 4 montre un étrier de ce genre qui remplace naturellement, là où on le place, un certain nombre d'étriers élémentaires de la figure 1.

Fig. 4.



Les étriers de la figure 4 se font en fer plat généralement. Ils sont préparés et forgés à l'atelier. Ils servent non seulement à réunir les poutres élémentaires entre elles, mais aussi à placer les fers ronds des membrures dans la position que chacun d'eux doit occuper d'après le projet. A cet effet, ces fers ronds sont ligaturés sur place avec les étriers. Ceux-ci présentent un joint dans la partie contiguë à la membrure tendue, avec un couvre-joint boulonné.

Ce sont des anneaux analogues à celui représenté figure 4 qu'on est conduit à employer dans les poteaux et colonnes dont le calcul se fait en partant toujours de l'hypothèse que nous avons faite au commencement de cette note.

Pour revenir à l'étrier représenté figure 4 et employé dans les poutres, je dirai encore que l'écartement L entre deux étriers consécutifs se détermine par cette considération que la membrure comprimée, dépouillée de béton, ne pourrait flamber sur cette portée L en travaillant au taux R_m calculé précédemment. Nous posons donc :

$$\frac{1}{K} \cdot \frac{\pi^2 EI}{L^2} = R_m \cdot \frac{\pi d^2}{4}.$$

Nous supprimons le coefficient de sécurité K à cause du béton entourant les fers, qui contribue dans une certaine mesure à empêcher le flambage qui nous occupe. Or :

$$I = \frac{\pi d^4}{64};$$

$$E = 20 \times \overline{10}^9.$$

On a donc :

$$\frac{\pi^3 \times 20 \times \overline{10}^9 \times d^4}{64 L^2} = \frac{R_m \times \pi d^2}{4}.$$

Nous tirons de là :

$$L = \frac{111\,000 d}{\sqrt{R_m}}.$$

Dans certains cas, pour les poutres d'un plancher, par exemple, la réunion des poutres entre elles, par des dalles continues, empêche absolument le flambage dont nous venons de parler. Il convient quand même d'employer des étriers du genre de celui représenté figure 4, afin de fixer sur ces étriers, au moyen de ligatures en fil, les fers ronds des membrures dans les positions respectives qu'ils doivent occuper d'après le projet.

Observation sur le calcul.

On remarque sans peine, après la lecture de ce qui précède, que le calcul d'une poutre en fer et ciment à membrures parallèles peut se faire, d'après mon hypothèse sur le rôle des étriers et du béton, sur un schéma indiquant :

1° Les membrures ;

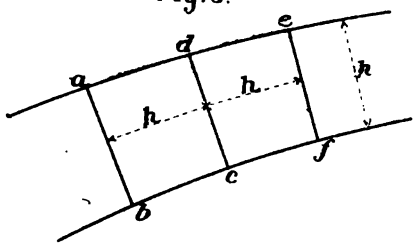
2° Des montants perpendiculaires aux membrures et formant avec les lignes qui représentent celles-ci des carrés de côté h ;

3° La diagonale de chaque carré suivant laquelle s'exerce une compression.

Ce calcul peut se faire suivant les méthodes connues et employées pour les systèmes réticulaires sans barres surabondantes. C'est au fur et à mesure qu'on avance dans le calcul qu'il est possible de tracer celle des diagonales de chaque carré suivant laquelle s'exerce une compression.

Les efforts totaux dans chaque barre étant déterminés ainsi pour un panneau quelconque *abcd (fig. 5)*, on peut déterminer alors la section Ω qu'il faut donner à un étrier *cd*. Comme l'écartement *h* des étriers sera trop grand et qu'on voudra le diminuer jusqu'à une certaine valeur *l* telle que $\frac{h}{l} = n$ soit un nombre entier, on en déduira que les étriers écartés de *l* devront avoir une section $\frac{\Omega}{n}$.

Fig. 5.



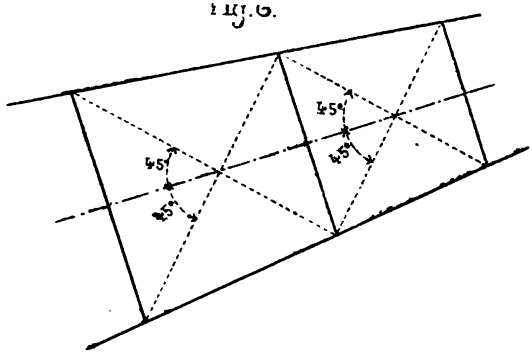
La compression du béton sur les membrures sera, par unité de surface, représentée par :

$$\frac{F}{dh}.$$

L'effort d'arrachement, par unité de surface, entre le béton et la membrure, sera d'autre part: $\frac{F}{\pi dh}$.

Dans le cas d'une poutre à membrures non parallèles, on se

Fig. 6.



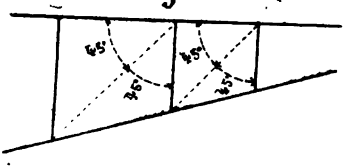
tiendra dans des conditions suffisamment approchées de la réalité en considérant le schéma comprenant *(fig. 6)* :

1° Les deux membrures ;
2° La ligne moyenne ;
3° Des montants perpendiculaires à cette ligne moyenne.

Ces montants seront écartés l'un de l'autre de telle manière que, dans chaque quadrilatère formé par les membrures et deux montants consécutifs, chacune des deux diagonales fasse un angle de 45° avec la ligne moyenne.

Ce n'est qu'au fur et à mesure de l'avancement du calcul que l'on choisit, dans chaque quadrilatère, celle des deux diagonales suivant laquelle s'exerce un effort de compression.

Fig. 7.

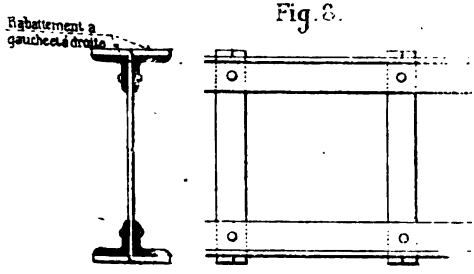


Dans le cas de consoles *(fig. 7)*, on pourra prendre des montants verticaux écartés de telle sorte que la diagonale comprimée de chaque panneau fasse un angle de 45° avec la membrure horizontale supérieure.

Observation sur la constitution de l'ossature métallique.

Dans ce qui précède, j'ai supposé que les membrures et les étriers étaient constitués par des fers ronds. Je tiens à faire observer que l'emploi de ces fers est commode et ne conduit pas à de grands frais de main-d'œuvre pour les assemblages des étriers avec les membrures. Mais, il va de soi que, pour des poutres très importantes, on peut parfaitement constituer l'ossature métallique en prenant, pour chaque poutre élémentaire, des cornières pour les membrures et des fers plats pour les montants *(fig. 8)*; l'assemblage de ceux-ci avec les membrures se fait alors au moyen de rivets et on rabat en outre le fer sur les ailes horizontales des cornières.

Fig. 8.



L'emploi des rivets diminue, comme on voit, la section des montants, alors que les étriers en fer rond *(fig. 1)* ne subissent

aucune diminution. C'est pourquoi, en outre de ce que la main-d'œuvre est plus grande dans le cas de la figure 8 que dans le cas de la figure 1, il y a lieu généralement d'employer le fer rond. En tout cas, si on veut constituer une ossature métallique dans le genre de celle que j'indique figure 8, le calcul est toujours le même.

Il n'y a pas économie sur la poutre entièrement métallique en faisant une poutre en fer et ciment avec assemblages par rivets. Mais, soit pour une raison d'esthétique, soit pour la raison technique de l'oxydation profonde, au contact des fumées, des fers d'une poutre entièrement métallique, on pourra être conduit à employer le béton de ciment pour jouer un rôle de résistance en travaillant à la compression à la place des diagonales supprimées et un rôle de préservation des fers contre l'oxydation.

SUR L'ABSENCE DE PROTECTION LÉGALE

POUR LES

DESSINS ET MODÈLES INDUSTRIELS FABRIQUÉS A L'ÉTRANGER

NOTAMMENT PAR LES FRANÇAIS QUI Y SONT ÉTABLIS

ET LES DANGERS DE CETTE SITUATION AU POINT DE VUE DE L'EXPOSITION DE 1900

PAR

MM. Ch. ASSI et L. GENÈS

MESSIEURS,

Nous venons vous entretenir d'une question un peu spéciale : il s'agit de l'absence de protection légale des dessins et modèles créés par l'Étranger ou le Français qui n'ont pas de fabrique en France.

Disons-le tout de suite, il s'agit moins d'apporter une solution à une difficulté qui vient de se révéler que d'attirer sur cette difficulté l'attention de tous les intéressés.

La question est, à la vérité, d'un intérêt permanent, mais elle prend un intérêt d'actualité par ce fait que, dans la situation créée par un arrêt récent de la Cour d'Appel de Paris, on a vu un danger possible pour l'Exposition de 1900.

Aux termes de cet arrêt, en effet, et contrairement à ce qui était généralement admis jusque-là, nos lois n'assureraient aucune protection pour ses dessins ou ses modèles de fabrique à quiconque ne possède pas de fabrique en France et, par conséquent, cela touche le Français aussi bien que l'Étranger si son établissement est hors de France.

Cette décision, qui date du 20 mai 1898, a produit une grande émotion à l'étranger et certains pays menacèrent même de ne pas faire figurer leurs modèles nouveaux à l'Exposition si la protection ne devait pas leur être assurée.

On s'explique cette émotion si l'on remarque que le nombre des dessins ou modèles déposés chaque année et provenant de l'étranger ne s'élève pas actuellement à moins de 3 000 environ.

Et d'ailleurs il ne faut pas croire que la petite industrie seule

dépose ses modèles, comme on le pense quelquefois; toutes les industries textiles, la métallurgie, les industries d'art et d'ameublement, etc., créent constamment de nouveaux types dont les auteurs désirent naturellement se réserver la propriété.

Nous devons dire, au surplus, que si on comprend l'émotion ressentie par les étrangers en apprenant qu'ils ne pouvaient pas jouir de la protection légale en France, on voit moins bien, en revanche, quel rapport cela peut avoir, en réalité, avec leur refus de venir à l'Exposition; en effet, ce n'est pas leur abstention qui mettra leurs modèles à l'abri de la contrefaçon, puisqu'une fois ces modèles mis au jour, celui qui voudra les imiter les trouvera dans le commerce s'il ne les trouve pas à l'Exposition.

En réalité, les menaces en question proviennent donc moins d'une crainte justifiée que d'un désir de représailles contre un pays où la protection n'existe pas et de l'espoir d'amener le changement de cet état de choses; mais, quoi qu'il en soit, si ces menaces étaient suivies d'effet, l'abstention de certains pays grands créateurs de modèles nouveaux ne pourrait que causer un tort très sérieux à notre Exposition.

Il y a donc là un certain danger qu'il serait désirable d'écarter.

Pour vous permettre, Messieurs, de bien vous rendre compte de la manière dont la question se pose, il est nécessaire de vous rappeler en quelques mots les textes qui régissent la matière.

Ce sont : le décret-loi de 1806, l'ordonnance royale de 1825, le décret de 1861 et la loi de 1873. Il faut y ajouter diverses conventions internationales et notamment la convention d'union de 1883 dont nous avons eu l'occasion de vous entretenir en 1885 et dont plusieurs de nos Collègues vous ont entretenus également.

La loi de 1806 et l'ordonnance de 1825 prescrivent que le dépôt doit être opéré au lieu de la fabrique; mais, d'autre part, le décret de 1861 dit que les dessins et modèles provenant d'un pays étranger qui assure la réciprocité doivent être déposés à Paris.

La loi de 1873 confirme simplement que les étrangers peuvent déposer. Quant à la convention d'union de 1883, elle assure la protection aux unionistes aux mêmes conditions qu'aux nationaux. Or, le Tribunal de la Seine et la Cour de Paris ont décidé que la disposition de la loi de 1806 qui impose au Français de déposer au lieu de sa fabrique s'applique également à l'étranger auquel

une convention, celle de 1883 notamment, assure le traitement du national; que, d'autre part, le décret de 1861, qui fixait Paris comme lieu de dépôt pour les étrangers, ne visait en réalité d'autres étrangers que les Anglais qui, seuls à ce moment, avaient un traité de réciprocité avec la France, et qu'en conséquence, ce décret devait être considéré comme abrogé, puisque ce traité lui-même avait pris fin et se trouvait remplacé par un autre. La conséquence, c'est que quiconque n'a pas de fabrique en France, se trouvant dans l'impossibilité de déposer au lieu d'une fabrique qu'il n'a pas, ne peut pas déposer du tout et, par suite, est totalement privé de protection.

Faisons observer que la Cour de Cassation, devant laquelle la question avait été portée, n'a pas eu, par suite de l'omission d'une formalité, l'occasion de se prononcer.

On pourrait d'ailleurs penser autrement que la Cour de Paris, spécialement parce que l'abrogation implicite du décret de 1861 invoquée dans l'arrêt est discutable. Il ne serait donc pas impossible que, si la question se posait à nouveau, elle fût tranchée dans un sens différent.

Cependant, puisque nous voyons qu'un arrêt longuement motivé de la première de nos Cours d'appel, confirmant un jugement du Tribunal de la Seine, a pu arriver à une interprétation des textes qui refuse toute protection à celui qui n'a pas de fabrique en France, contrairement à ce qu'on avait toujours cru, compris et voulu, contrairement, cela est certain, à l'intention des rédacteurs de la convention d'union de 1883, il faut bien en conclure que ces textes sont incomplets ou obscurs, mais en tout cas insuffisants et qu'il faut les compléter ou les modifier.

En effet, si l'on peut concevoir un système dans lequel toute protection serait refusée aux dessins et modèles étrangers, il nous semble certain que ce n'est pas ce régime-là que la France désire voir exister chez elle.

Nous pouvons dire à ce sujet qu'à la dernière assemblée plénière du Syndicat des Ingénieurs-Conseils, à laquelle assistaient ses Membres adhérents qui comprennent la plupart des jurisconsultes spécialistes en matière de propriété industrielle, nous avions, dans un vœu tendant à ce qu'un texte législatif précis assurât pour l'avenir une sécurité complète, proposé d'introduire dans ce texte nouveau une clause de stricte réciprocité en ce qui concerne non seulement le principe de la protection, mais aussi les conditions imposées pour la conservation du privilège; mais

l'Assemblée a cru devoir ne pas adopter cette clause restrictive et s'en tenir aux conditions plus libérales des traités existants. C'est donc la protection la plus large qui a été demandée pour l'étranger.

Le Syndicat des Ingénieurs-Conseils n'a pas été seul à se préoccuper de la question : au Congrès de l'Association internationale pour la protection de la propriété industrielle dont nous suivions tout récemment les travaux à Zurich, on a adopté avec l'assentiment de tous les Membres français une résolution tendant à modifier le texte de la Convention internationale de 1883, de manière à faire disparaître toute ambiguïté et à assurer à l'avenir la protection du modèle indépendamment de l'existence d'une fabrique dans le pays. On travaille donc ainsi à la fois à l'amélioration de la protection légale et de la protection diplomatique et cela dans le sens le plus libéral.

Quant à notre Ministère du Commerce, il n'avait jugé utile de rien faire. Son attention ayant été appelée sur le sujet, il a répondu que le projet de loi déposé en février dernier pour la protection temporaire des objets admis à l'Exposition lui paraissait de nature à donner toute satisfaction aux intéressés. En réalité cependant, il saute aux yeux, — et c'est ce qui lui a été répondu, — que ce projet de loi, répétition des lois faites dans le même but lors des expositions précédentes, se borne à assurer la protection des objets exposés pendant la durée de l'Exposition et trois mois après sa clôture : ce n'est pas là que l'exposant pourra trouver le moyen de s'assurer par la suite la protection dont il a besoin.

Il semble donc que l'Administration aurait eu besoin d'étudier plus complètement cette question qui ne manque pas de gravité.

Il serait désirable au surplus que, d'une manière générale, notre gouvernement attachât plus d'importance aux questions multiples qui touchent à la garantie de la propriété industrielle et secondât mieux les efforts qui sont faits pour remédier aux défectuosités de nos lois par tous ceux qui, en raison de leurs rapports avec l'industrie, sont en mesure de reconnaître leur insuffisance.

Ce n'est pas d'aujourd'hui d'ailleurs qu'on réclame le remaniement et la mise au niveau des besoins actuels des lois qui régissent les diverses branches de la propriété industrielle, et longtemps avant la fondation de l'Association internationale dont nous parlions tout à l'heure et de l'Association française récemment créée pour l'amélioration du régime de la propriété indus-

trielle au point de vue des intérêts français, le Syndicat des Ingénieurs-Conseils, par exemple, avait fait de nombreuses démarches auprès de l'Administration pour obtenir des réformes.

Mais il faut bien dire que l'Administration n'a jamais paru se rendre compte de l'urgence d'une réforme quelconque et s'est contentée jusqu'à présent d'enregistrer les énormes transformations apportées à la législation de tous les autres pays ; et cependant nos lois françaises sont les plus anciennes. Notamment en matière de dessins et modèles, nos industries les plus variées sont régies par un simple décret, rendu au pied levé par Napoléon, il y a quelque cent ans au profit de la fabrique lyonnaise qu'il dotait d'un conseil de prud'hommes en donnant à ce Conseil, entre autres attributions, celle de recevoir le dépôt des dessins de soierie.

Le décret prévoyait bien qu'on pourrait créer les mêmes conseils de prud'hommes dans d'autres villes ; mais encore a-t-il fallu aux tribunaux beaucoup de bonne volonté et même d'imagination pour mettre sur le même pied qu'un dessin de soierie un modèle de grille de foyer, de chaîne de montre ou de... tire-bouchon.

Or, l'arrêt de 1898 montre que la bonne volonté et l'imagination des tribunaux ont des intermittences et que les juges reviennent quelquefois s'enfermer dans la rigueur des textes ; il est donc imprudent de compter sur eux pour combler les lacunes de lois insuffisantes. C'est le législateur qui doit intervenir, mais à propos de lois dites d'affaires, vous savez que s'il n'est pas sollicité par le Gouvernement, le législateur s'occupe volontiers de sujets qui, à tort ou à raison, lui paraissent plus urgents. C'est ainsi qu'un projet de loi sur la protection des dessins de fabrique adopté en 1879 par le Sénat attend encore d'être discuté à la Chambre et il est probable qu'il dormira encore longtemps dans le carton qui l'abrite.

Quelque opinion qu'on ait sur les mérites de ce projet de loi, on peut s'étonner qu'en vingt ans on n'ait pu lui faire franchir la distance entre le Luxembourg et le Palais-Bourbon, ou, s'il n'était pas jugé satisfaisant, on n'ait pu lui en substituer un autre, étant donné que tout le monde admet depuis longtemps la nécessité de faire quelque chose, surtout pour cette branche de la propriété industrielle pour laquelle on peut dire que tout manque.

On n'est pas d'ailleurs resté moins inerte en ce qui concerne les autres branches où des remaniements plus ou moins impor-

tants seraient nécessaires, outre qu'il y aurait lieu de créer une organisation d'ensemble pour les services administratifs de la Propriété industrielle.

Il nous semble donc indispensable que les intéressés — et vous êtes au premier rang, Messieurs — fassent comprendre à l'autorité compétente que, dans cette matière de la propriété industrielle, notre législation et surtout l'organisation des services doivent absolument être enfin mises en harmonie avec les besoins actuels de l'industrie et du commerce et qu'à cet effet il est utile qu'on recoure davantage aux renseignements et aux avis du monde industriel et commercial, suivant l'excellente pratique suivie dans d'autres pays.

En ce qui concerne en particulier la question spéciale qui nous occupe, nous n'avons pas la prétention de vous apporter une solution toute faite, quoique notre opinion soit arrêtée à cet égard, — il faut une loi nouvelle, — mais nous voudrions du moins voir l'Administration se préoccuper davantage d'éclaircir la situation et si, réellement nos lois sont insuffisantes, ne pas hésiter à faire franchement le nécessaire pour les compléter... et à le faire en temps utile.

CHRONIQUES

N^os 236 et 237

Sommaire. — Installations centrales de condensation. — Nicolas Riggenbach. — Locomotives compound système Webb. — Hauteur du centre de gravité des locomotives. — L'hôtel de l'*Institution of Mechanical Engineers*. — Production commerciale de l'air liquide. — L'état actuel de l'industrie électro-chimique. — Ingénieurs et Artistes. — Historique de la traction sur rails à Paris. — La distribution de l'énergie électrique en Allemagne.

Installations centrales de condensation. — Le *Stahl und Eisen* a consacré un important article à la question des installations centrales de condensation. Nous en donnons ci-après un résumé.

Depuis une vingtaine d'années, on emploie de plus en plus la condensation dans les machines d'extraction, d'épuisement et dans les moteurs de laminoirs. Si on admet que l'emploi d'installations centrales de condensation donne une économie de 10 à 40 0/0 sur le combustible, on s'explique pourquoi, depuis 1889, plus de 200 000 *ch* de moteurs ont été pourvus de cette addition dans les établissements métallurgiques des Provinces rhénanes et de Westphalie. Dans les deux dernières années, ces installations ont été appliquées à des moteurs de mines sur plus de 50 000 *ch*.

La construction de ces appareils remonte aux environs de 1875. La fabrique de machines de Dingler, à Zweibrucken, en établit en 1878 pour les forges de la Société de Duillingen-Duisburg, et, en 1880, construisit des installations centrales, l'une pour la Georg-Marienhütte, à Osnabruck, l'autre pour la maison Thyssen et C^ie^, à Mülheim-sur-Ruhr.

Ces installations, qui peuvent être comparées sans désavantage comme importance à de toutes récentes, ont eu un succès prouvé par le fait qu'elles fonctionnent encore après vingt ans de service. A l'origine, une objection contre l'emploi de la condensation était la difficulté de se procurer des quantités d'eau considérables. Mais depuis dix ans, un développement considérable s'est produit, développement qu'on peut expliquer par les raisons suivantes :

1° Avec des condenseurs bien établis, l'eau de refroidissement peut être utilisée d'une manière beaucoup plus efficace qu'avec les appareils primitifs;

2° Même avec une quantité d'eau ne permettant qu'un vide assez imparfait, l'emploi de la condensation amène une économie très appréciable;

3° La quantité d'eau nécessaire peut être réduite dans une mesure notable, si on fait agir cette eau non seulement par son contact, mais encore par son évaporation qui amène un nouveau refroidissement;

4° L'eau de refroidissement après avoir agi peut être refroidie et em-

ployée indéfiniment, on n'a à réparer que la perte amenée par l'évaporation et la manutention.

On doit citer parmi les pionniers, dans cet ordre d'idées, M. F. T. Weiss, de Bâle (1). Avant d'entrer dans plus de détails, il est bon de dire quelques mots des avantages et des inconvénients de la condensation centrale par rapport à la condensation ordinaire.

La centralisation de la condensation n'a pas par elle-même plus d'inconvénients qu'il n'y aurait à avoir plusieurs moteurs alimentés par une seule chaudière et une conduite de vapeur unique. Il est toujours possible d'avoir un appareil de réserve. Une installation centrale, du fait même de son importance, est toujours mieux étudiée et établie qu'un condenseur ordinaire. Les pompes étant indépendantes des moteurs peuvent fonctionner dans des conditions plus favorables. Le constructeur peut leur donner les dimensions les plus avantageuses, ou réduire la vitesse, les placer dans une position plus abordable, etc., conditions qu'on rencontre rarement dans les pompes à air faisant partie des moteurs surtout à grande vitesse.

Avec la condensation centrale, le vide existe au départ, ce qui est d'une importance capitale pour les machines de laminoirs qui doivent exercer immédiatement toute leur puissance. Aussi cette addition, qui est utile pour tous les moteurs, même ceux à marche active, est-elle indispensable pour les machines à mouvement intermittent, comme celles dont il vient d'être question.

On peut classer les installations centrales de condensation en deux grandes classes :

1° Celles qui emploient la condensation par mélange;

2° Celles qui emploient la condensation par surface.

Les deux systèmes diffèrent par la manière dont l'eau de refroidissement agit sur la vapeur pour la condenser, mais ils ont des points communs et doivent satisfaire aux mêmes conditions, dont la première est que, quelles que soient les variations dans l'afflux de la vapeur, le condenseur ne puisse jamais cesser de fonctionner. Il est essentiel que les appareils aient un notable degré d'élasticité, c'est-à-dire qu'ils contiennent une masse d'eau assez grande pour parer à une brusque arrivée d'une forte quantité de vapeur sans que la température s'élève assez pour détruire le vide.

Condensation par mélange. — Dans toutes les installations modernes on fait arriver l'eau et la vapeur dans des directions opposées suivant le principe indiqué en 1889 par Weiss. Le condenseur établi par cet Ingénieur, se compose essentiellement de deux tuyaux verticaux par l'un desquels la vapeur s'élève au sortir de la machine, tandis que l'eau condensée s'écoule de haut en bas par l'autre, l'air est aspiré par la partie supérieure. L'eau froide est refoulée par une pompe rotative et la quantité dépend du nombre de tours de cette pompe. On règle cette arrivée de manière que, même avec l'afflux le plus grand de la vapeur,

(1) Nous avons eu occasion de signaler que des appareils pour refroidir l'eau de condensation et permettre d'employer toujours la même, étaient déjà en usage en 1827 en France, et notamment aux environs de Paris.

la température au condenseur n'atteigne jamais 100° C. L'arrivée de l'eau froide étant forcée, il n'y a aucun danger de voir l'appareil cesser de fonctionner. La pression dans le condenseur varie avec la quantité de vapeur, aussi la colonne d'eau oscille-t-elle considérablement, il en est résulté à l'origine des difficultés que l'inventeur a atténuées par l'emploi d'un clapet intermédiaire.

Condensation par surface. — Dans les appareils appartenant à cette catégorie, l'eau provenant de la condensation ne se mélange jamais à l'eau de refroidissement. Cette eau et celle qui provient des purges des enveloppes, etc., représentent le volume total d'eau d'alimentation, sauf les pertes par fuites, etc., qui peuvent s'élever de 2 à 5 0/0. Cette eau circule donc indéfiniment dans le circuit, c'est cette considération qui a amené l'emploi de la condensation par surface dans la marine. Dans ces dernières années, on a introduit l'usage de ce système dans les machines fixes. Il est tout indiqué pour les cas où on ne dispose pas d'eau convenable pour l'alimentation ou que celle-ci doive être prise à des distributions de villes à un prix élevé. Mais la condensation par surface présente certains avantages, lors même qu'on peut avoir de l'eau d'alimentation de qualité appropriée. En effet : 1° elle réduit les dépenses d'eau; 2° elle diminue ou supprime les frais de nettoyage des générateurs et 3° elle rend la surface de chauffe des chaudières plus efficace en supprimant les dépôts.

En revanche, les condenseurs à surface coûtent plus cher et emploient plus d'eau de refroidissement dans le rapport de 15 à 20 0/0. De plus, l'eau condensée qui en sort contient des matières grasses dont on doit la débarrasser avant de l'introduire de nouveau dans les chaudières. Comme dans les condenseurs à mélange, il faut disposer l'arrivée de l'eau et de la vapeur de la manière la plus avantageuse pour le résultat cherché. *(A suivre.)*

Nicolas Riggenbach. — Le 25 juillet dernier est mort à Olten (Suisse), à l'âge de 82 ans, l'Ingénieur Nicolas Riggenbach, le promoteur des chemins de fer à crémaillère et, d'une manière plus générale, des chemins de fer de montagne. En dehors des questions si intéressantes qu'elle soulève dans l'ordre technique, cette création a amené un développement énorme de ce qu'on appelle en Suisse l'industrie des étrangers et on a pu dire avec raison, au lendemain de la mort de Riggenbach, que ses compatriotes avaient élevé des monuments à la mémoire de beaucoup d'hommes qui étaient loin d'avoir autant fait que lui pour la prospérité du pays.

Il nous paraît intéressant de retracer sommairement la carrière de cette personnalité remarquable qui fut un technicien éminent, et un homme de bien dans toute l'acception du mot; des relations d'amitié, nouées depuis près de trente ans, nous rendent cette tâche extrêmement aisée. Elle nous aurait, d'ailleurs, été singulièrement facilitée par la précaution que Riggenbach avait eue de publier une autobiographie sous le titre de *Erinnerungen eines alten Mechanikers* — Souvenirs d'un vieux mécanicien — laquelle, parue d'abord en 1884, a eu plusieurs éditions. Cet opuscule, en dehors des renseignements qu'il fournit sur la vie de

l'auteur, contient une infinité de détails des plus intéressants sur toutes sortes de questions techniques et autres.

Riggenbach était né en 1817, à Guebwiller, en Alsace, où son père, originaire de Bâle, avait fondé, sous l'empire, une sucrerie de betteraves. La paix de 1815 avait, en rouvrant le sol français aux sucres coloniaux, amené la ruine de cette industrie. La mère de Riggenbach, devenue veuve, chargée d'enfants, rentra à Bâle et se mit à travailler courageusement pour élever sa famille. Nicolas, l'aîné des enfants, se montrait passionné pour la mécanique qui ne paraissait pas présenter à sa mère une carrière d'avenir; il finit toutefois par obtenir d'entrer comme apprenti dans une fabrique de machines à faire les rubans. A l'âge de 20 ans, il alla à Lyon, où il dut se rendre à pied, vu l'état peu brillant de ses finances et y travailla deux ans; en 1839, il vint à Paris et y resta quelques années, comme ouvrier mécanicien, occupé successivement dans divers ateliers, notamment, croyons-nous, celui de Calla.

Pénétré de la nécessité de posséder des connaissances théoriques qui lui faisaient défaut, il s'était associé avec trois camarades avec lesquels il logeait et faisait ménage commun, pour se faire donner le soir et les dimanches des leçons de mathématiques, de physique et de mécanique, par un élève de l'École Centrale. Ces jeunes gens arrivèrent tous à des positions éminentes; ainsi Castor devenu un grand entrepreneur de travaux publics, et qui fut membre de notre Société, Meyer, mort Ingénieur en chef des chemins de fer de l'État Hongrois, à Budapest, et Wick qui eut une belle carrière comme constructeur de machines.

Riggenbach raconte que la vue des trains du chemin de fer de Saint Germain, ouvert depuis peu, le remplit d'admiration et lui fit reconnaître sa voie. Il fut engagé en 1840 avec plusieurs de ses camarades pour la fabrique qui venait d'être fondée à Carlsruhe, par Kessler, pour la construction du matériel de chemin de fer et y acquit peu à peu une situation importante.

Parmi les locomotives construites dans cet atelier, on peut citer quatre machines faites en 1847 pour la ligne de Zurich à Baden, le premier chemin de fer construit en Suisse, et que Riggenbach alla livrer et mettre en service.

En 1850, Kessler quitta Carlsruhe pour aller fonder à Esslingen, sous le patronage du gouvernement wurtembergeois, la fabrique de machines qui acquit depuis une grande réputation et fit notamment, en même temps que les ateliers de Seraing, les premières locomotives Engerth pour le Semmering. Riggenbach resta encore deux ou trois ans à Carlsruhe en qualité de directeur des ateliers et finit, désireux de rentrer au pays et marié depuis peu, par accepter les offres de la Compagnie du Central Suisse, pour la direction des ateliers d'Olten, à laquelle il ne tarda pas à joindre la haute situation de directeur du service du matériel et de la traction. Sous la conduite de Riggenbach, les ateliers d'Olten, en outre de l'entretien et de la réparation du matériel, furent appelés à construire des locomotives pour la ligne et même pour d'autres chemins de fer, des ponts métalliques, des wagons, et des machines de toute sorte. Parmi les premières, on peut citer cinq locomotives, type *Mogul*, de grande puissance, destinées au service des voyageurs sur la section

Olten-Bâle; ces machines, construites en 1865, avaient des cylindres de 450 × 600 *mm* et des roues motrices de 1.524 *m;* elles pesaient 48 *t* en charge et avaient des chaudières timbrées à 10 *kg*, toutes dimensions considérables pour l'époque. Ce sont les premières locomotives Mogul construites sur le continent.

La section d'Olten à Bâle que nous venons de mentionner a une partie en fortes déclivités dont le tunnel du Hauenstein en rampe de 27 0/00. Les difficultés incessantes amenées par le patinage des locomotives appelèrent l'attention de Riggenbach sur l'intérêt qu'il y aurait à réaliser un mode de traction indépendant de l'adhérence et il étudia avec persévérance l'application de la crémaillère, dont il réalisa en 1870 la première application au chemin de fer du Rigi. On a prétendu que cette application avait été inspirée à l'Ingénieur suisse par la construction faite préalablement d'un chemin de fer à crémaillère au Mount-Washington, aux États-Unis. Il suffit, pour détruire cette légende, de rappeler que, dès 1863, Riggenbach avait pris en France un brevet d'invention pour les dispositions de crémaillères et de locomotives qui furent réalisées au Rigi et qui ressemblent, d'ailleurs, beaucoup à celles qui furent employées au Mount-Washington. La priorité en faveur de Riggenbach est donc indiscutable. Nous avons du reste traité la question à fond dans un article paru dans la *Revue Générale des Chemins de fer*, octobre 1888.

Le succès technique et financier du chemin de fer du Rigi amena la construction d'un grand nombre de lignes analogues, non seulement en Suisse, mais encore dans divers autres pays; il faut ajouter que Riggenbach avait également montré la possibilité de combiner des voies partie à adhérence, partie à crémaillère, desservies par des locomotives à fonctionnement mixte. Une machine de ce système avait été mise en service dès 1872, sur un chemin de fer industriel aux environs de Berne et Riggenbach en avait également présenté une à l'Exposition universelle de 1878. L'aspect extraordinaire de cette machine, portée sur une voie présentant l'inclinaison de 12 0/0, avait vivement, on s'en souvient, excité la curiosité du public.

En 1879, Riggenbach établit, avec la collaboration d'un de ses élèves, notre Collègue, M. Abt, le premier chemin de fer funiculaire à contrepoids d'eau et crémaillère, celui du Giesbach; ce système a eu depuis de très nombreuses applications.

L'inventeur avait quitté vers 1873 le chemin de fer Central Suisse pour exploiter ses innovations; la recherche de nouvelles applications le conduisit dans bien des pays lointains, entre autres dans l'Inde anglaise où il ne craignit pas de se rendre à l'âge de plus de 60 ans pour étudier des tracés de lignes de montagnes.

Le récit de ces pérégrinations n'est pas la partie la moins intéressante des mémoires que nous avons mentionnés.

Les dernières années de Riggenbach furent assombries par le deuil et la souffrance. Il perdit successivement son fils unique et sa femme à laquelle, du reste, il survécut peu de temps. Une surdité presque complète lui rendait pénibles les relations sociales. Il avait été élu Correspondant de l'Institut de France en remplacement de Daniel Colladon et

il avait été nommé à la même époque chevalier de la Légion d'honneur. Il laisse une mémoire honorée et une réputation universelle dignemen acquise.

Locomotives compound, système Webb. — Aux conférences sur les questions relatives au génie civil, organisées par l'Institution of Civil Engineers et tenues à Londres au mois de juin dernier, notre Collègue, M. F. W. Webb, du London and North Western Railway, a lu un mémoire résumant le développement progressif de son système de locomotive compound pendant les vingt dernières années.

On sait que le principe du système Webb est l'emploi de deux cylindres extérieurs à haute pression actionnant l'essieu d'arrière et d'un cylindre à basse pression actionnant l'essieu moteur d'avant, les deux essieux n'étant point accouplés.

L'auteur avait commencé l'essai du principe compound en transformant, en 1878, une machine ordinaire en une compound système Mallet ; cette locomotive fonctionna ainsi avec succès pendant cinq ans. La première machine neuve fut construite en 1881 et fut le modèle de 29 autres qui ont actuellement parcouru 24 millions de kilomètres, soit environ 53 500 *km* chacune en moyenne par an.

Ces machines ont des cylindres de 330 et 660 *mm* de diamètre avec 610 de course ; les roues ont 1,98 *m* de diamètre, la distribution est du système Joy. La consommation moyenne pour les 24 millions de kilomètres parcourus ressort à 9,68 *kg* de combustible par kilomètre, y compris l'allumage et les stationnements.

De plus fortes machines étant devenues nécessaires, M. Webb créa le type dit *Dreadnought*. Ces machines ont des cylindres de 356 et 762 *mm* de diamètre avec 610 *mm* de course ; les roues ont 1,905 *m* de diamètre. la pression est de 12,3 *kg*. Au commencement de 1884, il a été fait 40 de ces machines qui sont actuellement en service ; elles ont parcouru 30 millions de kilomètres, soit chacune, en moyenne par an, 60 000 *km*, avec une consommation moyenne de combustible de 11,2 *kg* par kilomètre.

En 1889 fut créé le type *Teutonic*. Ces machines sont semblables aux précédentes, mais ont des roues de 2,16 *m* de diamètre et le mécanisme de distribution est différent. Dix locomotives de cette classe sont employées pour le service des trains rapides ; elles consomment en moyenne 10,8 *kg* par kilomètre.

Le type *Greater Britain* date de 1891 ; il a des cylindres de 382 et 762 *mm* de diamètre, avec 610 de course et des roues de 216. Les deux essieux sont sous le corps cylindrique qui a 5,64 *m* de longueur, et possède une chambre de combustion placée au milieu entre deux faisceaux tubulaires. Il a été construit dix machines de cette classe ; elles ont parcouru chacune en moyenne 87 500 *km* par an, avec une dépense moyenne de combustible de 11 *kg* par kilomètre.

En 1893, M. Webb construisit une machine à marchandises à 8 roues couplées avec les trois cylindres côte à côte sous la boite à fumée, agissant tous sur le même essieu.

Il y a actuellement en service 81 de ces machines, leur parcours an-

nuel moyen est de 45600 *km* pour chacune et la consommation moyenne de combustible est de 15,2 *kg* par kilomètre.

En 1897 parut le type *Black Prince*. Il a été construit 2 machines de cette classe et 18 autres sont en construction. Elles ne sont plus à trois cylindres, mais bien à quatre. Il y a deux cylindres à haute pression de 381 *mm* et deux cylindres à basse pression de 521 *mm* de diamètre, la course étant pour tous de 610 ; tous les cylindres actionnent le même essieu. La pression est de 14,2 *kg*.

Un mécanisme Joy actionne les tiroirs des cylindres à basse pression et les tiges de ces tiroirs se prolongent pour actionner un levier qui commande les tiroirs à haute pression. La machine *Black Prince* va sans arrêt de Londres à Crewe, distance 245 *km*. La moyenne annuelle de parcours de chacune des deux machines de ce type est de 93 000 *km* et leur consommation moyenne de combustible de 11,4 *kg* par kilomètre.

M. Webb conclut de sa pratique très étendue que l'économie de combustible provenant de l'emploi du système compound est de 19 à 20 0/0, ce que confirment bien, dit-il, les résultats obtenus aux États-Unis.

Hauteur du centre de gravité des locomotives. — La connaissance de la hauteur du centre de gravité des locomotives présente un réel intérêt au point de vue de la stabilité de ces machines, mais la détermination de ce point par le calcul est une opération extrêmement laborieuse, puisqu'il faut faire entrer dans cette opération les poids de toutes les parties et la distance verticale de leur centre de gravité au rail.

Notre distingué Collègue, M. G. R. Henderson, dont nous avons déjà plusieurs fois signalé les intéressants travaux sur les locomotives, a bien voulu appeler notre attention sur une méthode pratique très simple qu'il a trouvée pour résoudre ce problème et qu'il a décrite dans l'*American Engineer and Railroad Journal* d'octobre 1899.

Cette méthode repose sur le principe suivant :

Lorsqu'une locomotive repose sur deux files de rails au même niveau, chaque file de rails porte la moitié du poids de la machine, mais si la voie présente un dévers, le poids total se répartit inégalement entre les deux rails. Si, par exemple, le poids total étant P, la charge sur la file de rails la plus élevée est p qui se trouve inférieur à $\frac{P}{2}$, si on prend les moments autour du rail le plus bas, appelant e l'écartement des deux rails et x la distance horizontale de la projection du centre de gravité de la locomotive au rail le plus bas, on a l'égalité :

$$pe = Px, \quad \text{d'où} \quad x = \frac{pe}{P}.$$

Du moment où on connaît la position de la projection du centre de gravité, il suffit d'élever de ce point une verticale jusqu'à la rencontre de l'axe incliné de la machine pour obtenir la position du centre de gravité.

Pour appliquer pratiquement cette méthode, on commence par peser avec soin la machine mise dans les conditions de service ; on la retire

de la bascule et on cale les boites à graisse de manière à les rendre immobiles par rapport au châssis. On a disposé la bascule pour qu'un seul de ses rails porte la locomotive, l'autre rail de support étant en dehors de la bascule, ce qui peut se réaliser par diverses dispositions, soit provisoires, soit même permanentes, si on avait à renouveler fréquemment l'opération, par exemple dans un atelier de construction de locomotives.

Ceci fait, on ramène la machine sur la bascule, et on obtient la charge sur le rail le plus bas, la différence avec le poids total P donne la composante la plus faible p, ce qui donne x et, par suite, permet de trouver graphiquement ou par le calcul, la hauteur du centre de gravité. En pratique, la différence de niveau des deux rails est de 187*mm*, 7 1/2 pouces. Pour une machine du poids de 63 500 *kg*, l'augmentation de poids sur le rail le plus lourd est de 11 300 *kg*. Avec ces données, on trouverait $p = 20\,450$ *kg*, e étant de 1,50, on trouverait $x = 0{,}483$ *m* ce qui donne pour la hauteur du centre de gravité 1,99; soit 2 *m* en nombre rond.

L'Hôtel de l'Institution of Mechanical Engineers. — L'Institution of Mechanical Engineers, de Londres, s'est fait construire récemment un hôtel pour suppléer à des installations par trop insuffisantes. Nous emprunterons à une notice publiée par l'Institution la description de l'édifice faite par l'architecte M. Basil Slade.

La situation est unique, la façade domine un Parc Royal avec une vue splendide sur la Parade des Horse Guards et les fontaines de Saint-James's Park. Tout autour sont les plus beaux bâtiments des services du Gouvernement, le Foreign Office, l'Office des Travaux publics, les nouveaux bâtiments de l'Amirauté.

La construction a duré deux années; on a eu des difficultés pour les fondations, qui reposent sur le gravier mouillé par une nappe d'eau courante à 6.60 *m* au-dessous du sol. L'effet des marées dans la Tamise s'y faisant sentir, on a dû faire les épuisements avec des pulsomètres et établir une enceinte en forts murs de béton de 2,10 *m* d'épaisseur, traversés par des drains pour maintenir l'assèchement du milieu de la construction.

La base de l'édifice est, à proprement parler, un bassin asphalté reposant sur les murs en béton.

Si on arrive par Birdcage Walk qui est la continuation de Great George Street, on rencontre un portique en pierre de Portland supporté par des colonnes ioniques. A gauche est une tour contenant les escaliers et ascenseur. La façade, du style Renaissance, est en pierre de Portland et briques rouges.

En face de la porte d'entrée se trouve celle de la salle de réunion avec plafond vitré pour l'éclairage pendant le jour. Le plancher est formé de parties mobiles pour être disposé en gradins ou sur un seul plan. Cette salle a 18 × 12 *m* soit 216 m^2 de superficie. A côté est la salle du Conseil, où on arrive par un corridor partant du vestibule. A gauche de celui-ci, par rapport à la porte d'arrivée, est l'entrée de l'escalier et de l'ascenseur; à droite, un escalier descendant au sous-sol.

Dans ce sous-sol se trouve une salle de réunion ou salle à thé qui

occupe tout l'espace au-dessous du vestibule et à laquelle sont adjoints un office et une cuisine.

L'emplacement au-dessous de la grande salle des séances est occupé par des reserres pour les publications, lesquelles sont logées dans deux étages.

Au-dessous du sous-sol sont des locaux réservés aux chaudières et aux installations mécaniques pour la ventilation, l'éclairage électrique, etc.

Si nous remontons, nous trouvons, au-dessus du rez-de-chaussée, un entresol contenant un fumoir, les bureaux du secrétariat et des tribunes ou galeries qui entourent la salle des séances.

Le premier étage contient sur le devant une salle de lecture de $16 \times 5{,}80$ *m* communiquant avec la bibliothèque placée derrière. Le reste de l'édifice est occupé par des bureaux, des salles de commissions, des salles de dessin, un logement pour le concierge, etc.

La notice à laquelle nous avons emprunté la description qui précède entre dans des détails très minutieux sur la décoration et l'ameublement des diverses pièces, lesquels sont luxueusement traités, comme on peut en juger par les photogravures qui accompagnent le texte. Aucun renseignement n'est donné sur le coût de cette belle installation (1).

Il est dit, au cours de la notice, que la bibliothèque de l'Institution contient actuellement 10 000 volumes et que celle-ci fait l'échange de ses publications avec 103 sociétés dont 47 dans le pays et 56 à l'étranger. Elle comptait, à la fin de 1898, 2 700 membres; on peut juger du taux de développement par le fait que, fondée en 1847, elle a compté son 1 000me membre à la fin de 1875, et son 2 000me à la fin de 1890.

Production commerciale de l'air liquide. — D'après l'*Engineering News*, ou est en train d'établir à New-York une installation pour la production commerciale de l'air liquéfié, installation qui fonctionnera prochainement et pourra livrer par jour environ 6 000 *l* d'air liquide.

Cette installation est faite par la General Liquid Air and Refrigeration Company, qui exploite les procédés de MM. O.-P. Ostergren et Moritz Burger.

C'est en principe, une installation de réfrigération où l'air, comprimé par une machine à vapeur, produit ensuite par sa détente un abaissement de température et ensuite, en réagissant sur lui-même par un procédé différent de ceux de Tripler et de Hampton, il arrive à une température assez basse pour amener sa propre liquéfaction.

La vapeur est fournie par trois chaudières tubulaires verticales de 75 *ch* chacune, fonctionnant à une pression de 10,5 *kg*. Ces chaudières alimentent deux compresseurs horizontaux à compression étagée, de la Ingersoll Sergeant Drill Company, de New-York. Le premier, qui est le compresseur à basse pression, a un cylindre à vapeur de $0{,}407 \times 0{,}457$ *m*, un cylindre à air à basse pression de 0,463 *m* et un cylindre à air inter-

(1) On trouve, dans un tableau donnant les chiffres successifs de l'avoir de la Société que l'hôtel figure en 1898 dans les comptes pour 47 544 livres sterling, soit environ 1 200 000 *f*.

médiaire de 0,305 *m*, ces deux cylindres ayant la même course que le cylindre à vapeur. Ils sont réunis par un premier réfrigérant intermédiaire. Le grand cylindre à air n'a jamais plus de pression que la pression atmosphérique, tandis que l'air arrive à 4,25 *kg* dans le second cylindre et, après avoir traversé un second réfrigérant intermédiaire, arrive au cylindre à basse pression du second compresseur. Ce second compresseur a un cylindre à vapeur de 0,509 × 0,610 *m* et des cylindres à air de 0,197 et 0,178 *m* de diamètre avec même course que le cylindre à vapeur. Le troisième cylindre refoule l'air à 22 *kg* dans un troisième réfrigérant duquel il passe au quatrième cylindre de compression qui le porte à une pression de 85 *kg*; il passe encore, alors, dans un quatrième réfrigérant dont le rôle est, comme pour les précédents, d'enlever le calorique dégagé par la compression.

Jusqu'ici les opérations ne diffèrent en rien de ce qui se passe dans un compresseur ordinaire à quatre étages. C'est maintenant que viennent en action les appareils propres au procédé dont il s'agit. Continuant à circuler, l'air passe dans un séparateur dont l'objet est d'enlever toute trace d'humidité ou d'impuretés, opération qui a une grande importance, parce que les appareils où se produit la liquéfaction pourraient être gênés dans leur action par de la glace ou des particules graisseuses. A son entrée dans le séparateur, l'air traverse une plaque percée de trous qui le divise en jets très fins, après quoi il traverse en bulles une colonne d'eau pour s'y laver entièrement de toutes matières grasses prises dans les compresseurs, réfrigérants, conduits, etc. En sortant de l'eau, l'air circule entre de nombreuses chicanes où il abandonne la quantité d'humidité dont il pourrait être chargé, et il sort du séparateur par un régulateur qui assure une pression constante et régulière, et ce régulateur est en relation avec celui de la machine à vapeur de manière à régler automatiquement la marche de l'appareil.

L'air pénètre de là dans un tube de faible diamètre où il prend une grande vitesse et qui est terminé par un cône renversé, disposition qui a pour objet de séparer mécaniquement les dernières traces d'humidité. L'air se trouve alors dans un récipient contenant une série de serpentins aplatis d'où il passe à l'appareil de liquéfaction. C'est cette partie qui présente le plus d'intérêt Elle est formée de deux portions que nous appellerons le *liquefier* proprement dit et le dernier réfrigérant, lequel reçoit l'air liquide et joue un rôle important dans le fonctionnement du système.

Le *liquefier* contient deux jeux de serpentins en cuivre, de petit diamètre, enroulés en sens inverse et aplatis. L'espace qui entoure ces serpentins est mis en communication par un gros tube avec l'aspiration du premier cylindre du compresseur à basse pression, de manière qu'un vide assez considérable puisse être opéré dans cet espace.

La partie que nous avons appelée dernier réfrigérant, pour traduire littéralement le mot anglais *aftercooler*, se compose d'une capacité close par un lourd cône renversé en fonte reposant sur un bord circulaire à section triangulaire, avec un siphon plongeant jusqu'au fond du réservoir et tournant autour de l'ouverture formée par le cône pour sortir finalement à l'extérieur de l'enveloppe de l'appareil.

L'air, à la pression de 85 *kg* environ et à une température de 10 à 15° C., déterminée par la circulation dans le premier récipient d'eau froide ou d'un liquide réfrigérant, passe dans les serpentins dont il vient d'être question et sort par une soupape d'expansion ajustée de manière à maintenir entre les deux côtés une différence de pression d'environ 65 *kg*. Cette chute de pression, et l'expansion considérable à laquelle elle correspond, produit un certain refroidissement de l'air.

(A suivre.)

L'état actuel de l'industrie électro-chimique. — Un savant bien connu, M. le professeur Borchers, a donné, à la dernière Assemblée générale de la Société électro-chimique allemande, une conférence des plus intéressantes sur l'état actuel de l'industrie électro-chimique. M. le Dr Aug.-E. Bonna en a donné un résumé très bien fait dans le journal *la Suisse*, et nous croyons qu'on le trouvera ici avec intérêt.

La série des tableaux fournis par M. Borchers nous a permis de constituer les renseignements suivants au sujet de la force motrice employée dans le monde entier à l'industrie électro-chimique.

La fabrication du carbure de calcium utilise une force de 180 000 *ch*; celle des alcalis et des dérivés du chlore 56 000; celle de l'aluminium 27 000; celle du cuivre 11 000; celle du carborundum 2 600; celle de l'or 455. Nous trouvons encore des forces minimes utilisées pour la préparation par voie électro-chimique du blanc de plomb, du zinc, de l'étain, du sodium, du phosphore, de l'hydrogène et de l'oxygène, du silicium, du bismuth et de l'argent, mais sans même que toutes ces fabrications réunies absorbent, dans le monde entier, plus de un millier de chevaux en tout. Il faut ajouter à ces chiffres l'industrie des accumulateurs, celle de la galvanoplastie et celle du blanchiment électrolytique, sur lesquelles, pour diverses raisons particulières, il est absolument impossible de rassembler des données pouvant présenter quelque exactitude.

Il est assez digne de remarque que la France paraît être dans une position très avantageuse au point de vue de la force motrice hydraulique, arrivant actuellement au même point que les Etats-Unis, et, entre les mains d'un peuple entreprenant, cette circonstance a été aussitôt utilisée. L'Allemagne vient bien après, même en comptant la force motrice à vapeur. Mais cette situation change dès qu'on considère la valeur des produits fabriqués; c'est alors que les États-Unis étant les premiers, l'Allemagne prend la deuxième place, tandis que la France n'arrive qu'en troisième ligne.

Nous voudrions pouvoir citer tout au long les considérations par lesquelles le professeur Borchers a terminé sa communication; le manque de place nous oblige à les résumer; nous espérons que cela ne leur fera rien perdre de leur puissant intérêt.

Toutes les forces motrices naturelles que nous trouvons à la surface terrestre proviennent de la chaleur solaire; à part diverses manifestations d'énergie dont nous ne pouvons tirer parti actuellement, cette chaleur solaire se manifeste principalement par l'évaporation de l'eau

et la formation des nuages et par la formation du bois, de l'amidon, etc., dans les plantes.

Si nous admettons une chute de pluie moyenne de 1 *m* qui sera tombée de 3 000 *m*, il a fallu, pour élever cette eau, un travail de 661 milliards de chevaux par seconde.

Qu'en faisons-nous, qu'en utilisons-nous? Rien, pour ainsi dire, mais on commence à chercher à s'en servir partout où elle paraît utilisable.

La formation du bois est la transformation chimique de l'énergie calorifique du soleil. 1 m^2 de terrain approprié peut produire environ 1 *kg* de bois par an 1 km^2 fournira donc 1 000 *t* de bois qui, à 4 000 calories au kilogramme, représentent environ 700 *ch*. Si nous considérons que les continents forment environ 130 millions de kilomètres carrés, nous arrivons, même en n'admettant qu'une portion minime utilisable, à un total d'énergie considérable, et c'est cette énergie qui s'est accumulée depuis des siècles et des milliers d'années, et se présente maintenant à nous sous forme de charbon, de houille, d'anthracite, etc.

C'est sur cette réserve que l'industrie a vécu pendant toute son existence et en prenant seulement ce qu'il y avait de mieux. L'industrie électro-chimique demande des sommes d'énergie considérables, et elle s'est adressée pour cela à une autre source, l'énergie mécanique produite par le soleil en évaporant l'eau et la laissant retomber dans les régions élevées de la croûte terrestre, et c'est la force hydraulique qui fournit actuellement à l'électro-chimie 378 000 *ch*. contre seulement 40 000 procurés par le charbon.

C'est un fait remarquable et dont il faut tenir compte dans l'appréciation que l'on peut donner sur l'avenir industriel de tel ou tel pays, que l'ancienne industrie tout entière, ou à peu près, s'est nourrie de réserves, a vécu avec une force accumulée provenant de périodes de temps précédentes, très riches, sans doute, mais sur le ravitaillement de laquelle on ne peut compter, qui, par conséquent, amène rapidement l'idée de son épuisement, tandis que l'industrie électro-chimique vit déjà actuellement sur une source d'energie qui se renouvelle tous les jours et qui agit continuellement. Mais il faut rendre maniable cette énergie passagère de l'eau qui coule, il faut la rendre utilisable et, pour cela, on a essayé de la rendre transportable.

Dans beaucoup de cas, cela a donné des résultats qui ne sont pas à nier, mais on reconnait toujours davantage l'utilité de fixer l'industrie électro-chimique près des lieux où se trouve la force motrice, car on perd trop facilement de l'énergie et, d'autre part, on est trop dans la dépendance du cuivre qui doit la transporter. Aussi l'industrie électro-chimique va-t-elle s'installer dans des endroits écartés pour utiliser une force et la transformer en produits utiles et durables qui, eux, ont assez de valeur pour pouvoir supporter le transport, et c'est ainsi que l'industrie électro-chimique aura une influence considérable sur le développement des divers pays.

Il est inutile d'ajouter que la communication de M. le professeur Borchers a été accueillie avec un intérêt et une attention unanimes.

Ingénieurs et artistes. — Le groupe suisse des anciens Élèves de l'École Centrale des Arts et Manufactures a eu sa réunion annuelle à Neuchâtel le 3 novembre 1898, sous la présidence de M. de Chambrier.

Il y a visité avec le plus vif intérêt les ateliers de peinture de M. Clément Heaton et a entendu lire par cet artiste distingué les lignes suivantes dans lesquelles il expose comment devraient s'allier ensemble l'art et le génie technique. Le groupe suisse a décidé à l'unanimité de prier la Société Vaudoise des Ingénieurs et des Architectes de publier le discours de M. Heaton dans son *Bulletin* (1).

MESSIEURS,

Il règne aujourd'hui peu d'entente et peu de relations entre Artistes et Ingénieurs... c'est précisément des relations qui *doivent* exister entre eux que je désire vous entretenir. L'artiste en général s'élève contre la machine, et l'Ingénieur et la Science tout entière lui est antipathique. L'idée reçue par le public est que les beaux-arts sont une chose à part et qu'on a fait son devoir quand on a bâti un musée pour les loger. De son côté, l'Ingénieur, au moins dans son caractère officiel, méprise les beaux-arts ou les traite comme n'existant pas. Un peu d'ornement banal et mal compris, plaqué sur des constructions, lui suffit comme tribut payé aux arts.

Je suis entièrement en désaccord avec ces vues. Habitué dès longtemps aux outils, tout en travaillant aux arts, je suis étonné de ce divorce entre deux choses qui m'intéressent également, et en désaccord avec mes confrères qui méprisent la science et les moyens scientifiques. Tous les moyens sont bons et utiles dans leurs limites, seulement il faut savoir où sont ces limites et ne pas chercher, par exemple, à faire avec la machine ce que seule la main peut donner. Vous avez pu voir aujourd'hui, non seulement les résultats auxquels j'arrive, mais aussi les moyens que j'emploie pour y arriver, moyens que la science met à ma disposition. Vous serez sans doute d'accord avec moi sur ce point; vous le serez moins peut-être quand je me verrai forcé de vous avouer que les œuvres des Ingénieurs sont, pour la plupart, laides au point de vue artistique et nous font souffrir, comme un désaccord en musique fait souffrir un musicien.

Le divorce qui existe entre la construction et la beauté est toutefois très moderne et spécial à notre milieu européen. De tout temps l'homme a montré par ses œuvres la faculté, non seulement de les construire, mais de les orner, de telle sorte qu'elles portent le reflet de son humanité. On le voit déjà à l'époque glaciaire, tant au Périgord qu'au Schweizerbild et toute l'histoire n'est qu'une longue démonstration de ce fait. De la Nouvelle-Zélande jusqu'aux Esquimaux, du Japon jusqu'à l'Ecosse, dans le Mexique, dans l'Amérique du Nord, nous trouvons l'indigène embellissant toujours, avec plus ou moins de goût, ses œuvres de construction. Il en était de même dans nos pays, en Italie, en Suisse, en France, en Angleterre, on ne construisait rien autrefois sans lui

(1) *Bulletin de la Société Vaudoise des Ingénieurs et des Architectes*, n° 1, année 1899, page 143.

donner un cachet intéressant ou agréable. L'exposition de l'art ancien, à Genève, et le contenu du Musée National à Zurich en renferment des exemples suffisants. Je me trouvais l'autre jour dans l'Italie septentrionale. Dans ce pays, qui a été un champ de bataille continuel, les fortifications étaient ce qu'il y avait de plus sérieux dans la vie pratique et cependant, à Milan et à Vérone, j'ai remarqué des notes charmantes mêlées à ces fortifications et montrant que, si ces hommes étaient des guerriers, ces guerriers étaient quand même des hommes. Et Florence! cette cité au commerce si puissant, elle était un des centres artistiques de l'Europe; Bruges également.

Aujourd'hui, tout cela est de l'histoire ancienne, la civilisation moderne a tout transformé. En dehors des tableaux et des musées, on considère que la vie pratique n'a rien à faire avec la beauté. Les communes bâtissent des musées et nous infligent des horreurs dans les rues. Autant la science m'intéresse en elle-même, autant l'application brutale qu'on en fait me paraît indigne de l'homme. On rend le monde un cauchemar, comme dit Paul Seippel, tout en parlant de progrès.

D'où vient cet énorme changement. Sommes-nous vraiment plus avancés que les Sociétés d'autrefois? Sommes-nous plus complets parce que nous avons des locomotives et des villes banales? Je ne le crois pas; j'estime même que l'état de choses actuel est vraiment mauvais et je me suis efforcé d'en rechercher la cause.

Je la trouve dans la présence d'une fausse idée reçue dont nous subissons tous l'influence et j'admets que cette fausse idée naît dans le domaine de l'art, que c'est *l'art* qui est en faute. A mon avis, ce qui a tout gâté, c'est le mouvement de la Renaissance. Mais, me direz-vous, attaquez-vous la Renaissance, dont nous avons tous appris les gloires? Oui, répondrai-je, j'ai la conviction que la Renaissance était bien plutôt un commencement de mort, malgré les œuvres si remarquables qui ont inauguré son avènement, œuvre pleine de beauté et d'invention quoique le commencement d'un faux pas. Voici pourquoi : Vous serez d'accord que chaque matière doit être employée selon les caractères qui lui sont propres et que la forme doit en dépendre; aucun mécanicien ne fera un objet en bois avec la forme du fer, par exemple, ou *vice versa*. C'est selon ce principe qu'on travaillait autrefois, avec quelques exceptions. Les caractères de la matière en ouvrage étaient observés, la forme était suggérée par la matière elle-même, et cela, combiné avec les besoins qui avaient provoqué l'œuvre et la personnalité du constructeur, donnait un cachet spécial à toutes les productions du temps.

Or, la Renaissance ne se souciait pas de ce principe. L'idée centrale en était de retourner en arrière, de copier l'ouvrage classique, c'est-à-dire le romain. Le romain était déjà un art abâtardi, une mauvaise adaptation de l'art grec. Les Italiens, et toute l'Europe après eux, s'acharnaient à reproduire les motifs de cet art et le monde était inondé d'un art mort, factice, académique, hostile aux instincts naturels de l'homme; ce qui dans la couleur et l'ornement fait la joie naturelle des peuples était refoulé. Au lieu de construire selon les caractères de la matière et d'orner la construction, on construisait d'après une mode établie, la construction devenait un ornement et on méconnaissait la

décoration. Voilà, en résumé, comme je comprends la cause de la séparation si grande qu'il y a aujourd'hui entre la construction et la beauté.

Mais vous savez, Messieurs, qu'un mouvement puissant de réaction a été inauguré en Angleterre, gagnant de là le continent et l'Amérique. En France, on l'appelle « art nouveau » ; mais il n'est pas nouveau, c'est au contraire l'art ancien qui date de l'époque glaciaire, l'art naturel, qui commence à détruire l'œuvre de la Renaissance. Et ce que vous avez vu chez nous n'est qu'une petite partie de ce développement moderne européen.

Le principe élémentaire du mouvement actuel est que chaque matière doit être traitée sincèrement selon ses caractères. C'est donc un retour aux idées qui ont précédé la Renaissance : Nous faisons en fer ce que le fer seul peut donner, en cuivre, en verre, en papier, ce que chacune de ces matières peut seule donner. Nous arrivons à la beauté comme autrefois, en tenant compte des caractères de chaque matière, des circonstances et besoins de la Société, et en suivant nos propres sentiments et intuitions.

Entre cette manière de travailler et celle de l'Ingénieur, il y a identité. Nous travaillons comme vous et nous vous prions de considérer avec nous cette importante question. La position actuelle est illogique et absurde. Ou bien l'art et la beauté sont des vérités réelles dont l'homme a besoin et qu'il faut introduire en tout, ou bien l'art et la beauté n'ont pas de valeur sérieuse et tombent dans le domaine de la fantaisie.

Nous faisons le vœu que le vingtième siècle, dans lequel nous allons entrer, voie disparaître cette séparation fatale entre l'Ingénieur et l'Artiste, séparation qui n'aurait jamais dû exister. Nous souhaitons que, dans l'éducation générale, on s'occupe des lois de la beauté, en sorte qu'on ne se contente plus des besoins utilitaires et qu'on se mette à produire ce qui peut satisfaire l'homme normalement développé.

Historique de la traction sur rails à Paris. — MM. L. Périssé et Godfernaux ont bien voulu nous donner pour la Chronique l'intéressante notice qui suit :

Compagnie générale des Omnibus. — La première ligne de tramways à Paris, fut le chemin de fer américain de Paris à Saint-Cloud, concédé en 1853 à M. Loubat; la ligne, qui partait de la place de la Concorde, fut inaugurée en novembre 1856.

Les autres lignes n'ont été créées que beaucoup plus tard. Les plus anciennes sont :

Le 18 juin 1873 : ligne Étoile-Villette;

Le 25 août 1875 : ligne Louvre-Vincennes.

Les premiers essais de traction mécanique ont été faits en 1876, par MM. Bollée et Dalifol, avec une automotrice à vapeur de 50 places; cette voiture n'a pu être maintenue en service, parce qu'elle était trop lourde pour les voies existantes.

Philippart, en 1882, essaya de résoudre la question avec des accumulateurs, mais les essais ne furent pas continués.

En 1889, on créait pour l'Exposition la ligne Ceinture-Trocadéro, exploitée avec les automotrices Rowan. Ces machines étaient utilisées après l'Exposition sur la ligne Trocadéro-place Pigalle.

Enfin, en 1891, ces automotrices qui sont au nombre de 14, étaient mises sur la ligne Auteuil Boulogne et Louvre-Boulogne, où elles fonctionnent actuellement.

En 1893, MM. Garnier, Sarcia et Bourdon essayaient sur la ligne Saint-Ouen-Bastille une automotrice à accumulateurs.

La ligne Saint-Augustin-Cours de Vincennes (31 automotrices à air comprimé) et les lignes Louvre-Saint-Cloud-Versailles (23 locomotrices à air comprimé) étaient inaugurées en 1894.

Une automotrice Serpollet fut mise en essai depuis 1894 successivement sur les lignes Saint-Ouen-Bastille, Charenton-Place de la République, Louvre-Boulogne.

Les lignes Saint-Ouen-Bastille et Porte Clignancourt-Bastille sont exploitées avec 45 automotrices de ce système depuis 1897.

En décembre 1896, la Compagnie Générale a également essayé sur la ligne Villette-Place de la Nation, une automotrice du système de la « Gas-traction Company » mue par le gaz de ville comprimé.

En juillet 1898, le Tramway des Halles-Porte d'Ivry a été mis en service avec 15 automotrices nouvelles, système Serpollet, d'un type analogue au précédent.

Depuis 1897, la Compagnie Générale des Omnibus a mis en essai successivement 6 automotrices à vapeur, système V. Purrey qui circulent notamment sur la ligne de Passy-Louvre, 34 autres automotrices de ce système sont en construction pour les lignes Bastille-Avenue Rapp et Gare de Lyon-Place de l'Alma.

Enfin, la Compagnie des Omnibus va, pour 1900, mettre en service 140 nouvelles automotrices à air comprimé, qui nécessitent la construction d'une usine de 5 000 *ch* à Billancourt, et crée également plusieurs lignes d'automotrices électriques à accumulateurs (système Blot et Tudor) au moyen d'une usine génératrice de 4 000 *ch* en construction à Vincennes. Les lignes desservies sont celles du Louvre à Vincennes.

Réseau nord. - En octobre 1873, était fondée à Paris, la Compagnie des Tramways nord, qui inaugurait en 1874 sa première ligne, celle de l'Etoile à Courbevoie ; les autres lignes s'établissaient l'année suivante, et en novembre 1876 étaient inaugurées les lignes de la Place de la République à Pantin et Aubervilliers qui complétaient le réseau tel qu'il existe actuellement et qui comporte 109 *km* de voies.

La ligne de l'Étoile à Courbevoie fut desservie d'abord par des locomotives à feu ; celles-ci furent transformées par M. Francq en locomotives à eau chaude, dites « sans foyer » ; elles fonctionnent depuis 1890. Il y a actuellement en service 20 locomotives sans foyer dont :

6 locomotives de 6,8 *t* ;
8 — de 8 *t* ;
6 — de 10 *t*.

Des essais de traction électrique par accumulateurs furent faits en 1890 sur la ligne Madeleine-Levallois.

En 1892-1893, le service électrique par accumulateurs fut définitivement établi sur la ligne Madeleine-Saint-Denis; l'année suivante sur les lignes Opéra-Saint-Denis, Saint-Denis-Neuilly.

Le 25 septembre 1895, les automotrices Serpollet furent mises en service sur la ligne Madeleine-Gennevilliers, et le 5 juin 1896 sur les lignes Madeleine-Gennevilliers et Colombes, 22 automotrices Serpollet sont actuellement en service.

En mars et avril 1897, la traction électrique par accumulateurs au moyen du système Tudor dit à charge rapide, a été appliquée sur les lignes de la Madeleine à Levallois, Neuilly et Courbevoie.

De juillet à septembre 1897, de grandes voitures à boggies mues par accumulateurs électriques et construites par la Compagnie Thomson-Houston, ont été mises en service sur les lignes de la Place de la République à Pantin et Aubervilliers; de sorte que, le 22 décembre 1897, tout le réseau était exploité au moyen de la traction mécanique.

L'effectif de la Compagnie s'établit donc ainsi qu'il suit :

20 locomotives sans foyer;

22 automotrices Serpollet;

22 automotrices électriques à batterie interchangeable (lignes de Saint-Denis);

35 automotrices électriques à charge rapide (lignes Courbevoie, Neuilly, etc);

28 automotrices électriques à accumulateurs et trolley (lignes de la place de la République);

5 automotrices à trolley hors Paris, de la porte d'Allemagne à Pantin et au Pré-Saint-Gervais, depuis juillet 1898.

Notons enfin que les automotrices Serpollet des lignes de Gennevilliers et Colombes sont en voie de remplacement par des automotrices à boggies à accumulateurs électriques analogues à celles de la place de la République.

Depuis quelques années, la Compagnie des Tramways de Paris et du département de la Seine s'est substituée à la Compagnie des Tramways nord.

Réseau sud. — La Compagnie des Tramways Sud a été fondée en mai 1875, et elle inaugurait son service en novembre suivant par la section intra-muros de la ligne de Fontenay à Saint-Germain-des-Prés.

Dès 1876, ont eu lieu des essais de traction mécanique par locomotives à vapeur, système Hugues, construites par une Société anglaise. Ces machines furent mises en service à plusieurs reprises de 1876 à 1878 sur les lignes Fontenay, Saint-Germain-des-Prés-Bastille, gare Montparnasse-Bastille-Charenton.

Depuis 1878, aucune autre expérience de traction mécanique n'a été faite sur le réseau sud. En mai 1895, la Compagnie Générale Parisienne des Tramways, qui s'est substituée en 1887 à la Compagnie des Tramways sud et dont le réseau comprend actuellement 111 *km* de voies, a demandé à transformer toute sa traction animale en traction électrique par système mixte de conducteurs aériens et souterrains; elle a obtenu en décembre 1896 de transformer, à titre d'essai, sa ligne de Charenton-

Bastille. Cette ligne à traction électrique par canalisation mixte aérienne et souterraine, a été inaugurée le 8 décembre 1898; il est à noter que le tarif réduit, 0,10 *f* et 0,20 *f* a provoqué un tel trafic, que depuis l'été 1899, toutes les automotrices remorquent des voitures de 2e classe ouvertes.

En vue de l'Exposition de 1900, la Compagnie Générale Parisienne de Tramways transforme sa ligne Étoile-Montparnasse pour substituer à la traction animale la traction électrique, par prise de courant souterraine. Le caniveau est placé sous la file de rails intérieure tandis que sur les lignes de la Bastille les sections de caniveau étaient placées entre les deux rails.

Tramway funiculaire de Belleville. — Longueur 2 *km*, voie de 1 *m*. Inauguré en 1891. L'exploitation se fait au moyen de 21 voitures sans impériale, accouplées deux à deux offrant ainsi 57 places. Tarif réduit.

Tramway de Romainville. — Longueur 7 *km* environ, voie normale. Inaugurée en 1896. L'exploitation se fait au moyen de 20 automotrices électriques à 50 places, avec prise de courant à fleur de sol, système Claret-Villeumier. Tarif réduit.

En terminant la revue des tramways de Paris, mentionnons la petite ligne électrique établie en 1881 de la place de la Concorde au Palais de l'Industrie, où se tenait l'exposition internationale d'électricité. Cette ligne était établie par prise de courant aérien; elle a été construite et exploitée par la maison Siemens de Berlin.

Signalons également, à titre historique, que le 24 juin 1883 eurent lieu, sous la direction de notre regretté Collègue Philippart, les premiers essais, à Paris, de traction électrique par accumulateurs. Ceux-ci étaient du système Faure-Sellon-Volkmar. La voiture, qui pesait 8 *t* et demie, fut essayée sur les voies de la Compagnie générale des Omnibus sur les boulevards extérieurs de Paris, sur un trajet de 29 *km* de longueur, la vitesse moyenne fut de 10 à 11 *km* à l'heure.

La distribution de l'énergie électrique en Allemagne par M. E. Hubou.— MM. Bos et Laffargue ont été envoyés en mission. en Allemagne, par la Ville de Paris, pour y étudier la distribution de l'énergie électrique et s'y rendre compte sur place du développement et de l'état actuel des installations électriques. Leur enquête, très documentée, vient d'être publiée par la librairie Masson. Ce livre a déjà fait l'objet d'une notice bibliographique parue dans le *Bulletin* de Juin : nous croyons intéressant de la compléter en résumant quelques-uns des principaux renseignements contenus dans cet ouvrage.

On compte, en Allemagne, plus de 40 sociétés s'occupant exclusivement d'électricité : leur capital total actions atteint environ 430 millions de francs, sur lesquels près de 400 millions sont entre les mains de quelques sociétés seulement.

Le nombre des usines, qui était de 180 au 1er octobre 1895, s'est élevé à 265 au 1er mars 1897 et à 375 au 1er mars 1898. La puissance totale a monté successivement de 46573 à 78236 et 111 538 kilowatts :

elle était au 1er mars 1899 de 168 320 kilowatts avec 489 usines en activité.

La plupart des installations sont à courant continu avec ou sans accumulateurs. Les courants alternatifs se sont peu répandus : cependant, il est probable que les usines employant la transmission à distance par courants polyphasés et distribution par courants continus vont maintenant prendre de grands développements.

La majeure partie des usines (218) est actionnée par la vapeur : il y a, en outre, 52 usines hydrauliques, 14 à gaz, 1 à air comprimé, 2 par eau et moteur électrique, 76 par eau et vapeur en réserve, 4 par eau et gaz en réserve, 3 par vapeur et gaz en réserve, 3 par eau et pétrole en réserve. Ce sont les usines jusqu'à 100 kilowatts qui prédominent : on en trouve 14 jusqu'à 2 000 kilowatts, 8 au delà de 2 000 et 3 au delà de 5 000 kilowatts.

La puissance en chevaux des moteurs électriques, de 10 251 au 1er octobre 1895, est montée à 35 867 au 1er mars 1898 : elle a triplé en trente mois. MM. Bos et Laffargue résument dans un grand tableau l'état actuel des stations centrales d'une puissance supérieure à 500 kilowatts, leur système de distribution, la nature de la force motrice, la puissance normale de l'usine y compris la réserve, le nombre total de lampes à arc et à incandescence. Sur ces stations centrales au nombre de 35, on en trouve 18 appartenant à des municipalités.

La traction électrique est réalisée soit au moyen de stations centrales indépendantes, soit au moyen de stations mixtes alimentant à la fois le réseau de distribution pour éclairage et force motrice et le réseau de traction. Il y avait, en 1894, 22 villes pourvues de tramways électriques : on en comptait 77 en 1898. Au 1er janvier 1894, la longueur des lignes était de 102 *km*, la puissance électrique de 2 934 kilowatts; au 1er janvier 1899, on arrive à 1 430 *km* et 38 451 kilowatts. On trouve 66 installations avec trolley aérien, 2 lignes à conducteur souterrain, 6 à accumulateurs et 3 mixtes à trolley et à accumulateurs.

Après ces renseignements statistiques généraux, MM. Bos et Laffargue étudient, en particulier, les stations centrales dans les villes les plus importantes de l'Empire allemand et donnent ainsi une série de monographies des installations les plus importantes. Nous ne pouvons insister ici sur tous les renseignements donnés pour chacune d'elles; nous nous bornerons à donner quelques chiffres relatifs à certaines villes, telles que Berlin, Hambourg et Munich.

Berlin. — Les applications de l'énergie électrique, à Berlin, sont très nombreuses et se développent chaque jour. Le système de distribution est celui par feeders à 3 fils à courants continus. Il y a 4 stations centrales et une sous-station dont la puissance totale, fin 1897, était de 21 324 kilowatts et la puissance utile de 18 184 kilowatts.

L'éclairage public est fourni par 214 lampes à arc et 35 lampes à incandescence. L'éclairage privé est au contraire beaucoup plus répandu : au 31 mars 1898, on comptait 15 913 lampes à arc et 341 728 lampes à incandescence.

La force motrice est l'application qui s'est le plus développée. Le

nombre des moteurs qui était, à la fin de 1889, de 17 avec une puissance de 60 *ch* à la fin de 1895 de 663 avec une puissance de 2366 *ch*, était, à la fin de 1898, de 2873 avec une puissance de 10302 *ch*.

Les appareils divers, calorifiques et autres étaient au nombre de 47 au 31 mars 1898.

La traction électrique doit prendre une extension considérable dans un avenir très rapproché : on construit, à cet effet, en ce moment, une usine spéciale de 15000 *ch* : le kilowatt-heure sera fourni à 18 pfennigs jusqu'en 1940 et ensuite à 7 pfennigs.

Fin 1898, le nombre des abonnés était de 5432. Il a été, dans le courant de cette même année, consommé au total 18016266 kilowatts-heure dont : 9315129 pour l'éclairage privé, 424639 pour l'éclairage public, 5833077 pour les moteurs et appareils divers et 2443421 pour la traction.

Le prix de revient moyen du kilowatt-heure distribué a été de 0,1298 *f*. son prix de vente moyen de 0,2913 *f*. Les bénéfices nets ont été de 2947000 *f* et le dividende versé a été de 13 0/0.

Depuis le 1er janvier 1896, le prix de la lampe-heure a été abaissé à 3 pfennigs (0,0375 *f*) et la consommation est comptée en kilowatts-heure. Le prix fondamental du kilowatt-heure est :

Pour l'éclairage, de 0,75 *f* avec des rabais variant de 5 à 20 0/0 pour une dépense annuelle vrriant de 12500 à 125000 *f*;

Pour les applications diverses, de 0,20 *f* sans rabais.

(A suivre.)

COMPTES RENDUS

SOCIÉTÉ D'ENCOURAGEMENT POUR L'INDUSTRIE NATIONALE

JUILLET 1899.

Séance générale du 23 juin 1899. — Prix et médailles décernés par la Société.

Rapports sur l'**état financier de la Société.**

Compte rendu des **progrès réalisés dans l'étude et l'industrie des huiles essentielles et des parfums**, par M. A. HALLER *(suite)*.

Recherches de M. l'abbé LE DANTEC et de M. CANOVETTI sur **la résistance de l'air.**

Les expériences de M. l'abbé Le Dantec ont été faites en septembre 1898 dans la chapelle des Arts et Métiers. La méthode employée consiste à laisser tomber le long d'un fil vertical servant de guide une surface qui prend d'abord un mouvement accéléré, lequel devient uniforme quand la résistance de l'air devient égale au poids de la surface. Le temps de chute est mesuré par un enregistreur électrique imaginé par l'expérimentateur. Celui-ci a trouvé, par une série d'expériences successives, qu'une surface de 1 m^2 plane et carrée éprouve de la part de l'air, quand elle parcourt 1 m par seconde, une résistance de 81 g.

Pour d'autres formes, il a reconnu que la différence des espaces parcourus ou, autrement dit, l'augmentation de la résistance est proportionnelle à l'augmentation du périmètre.

La résistance pour de faibles vitesses a été trouvée proportionnelle au carré de la vitesse.

Notre Collègue, M. Canovetti, a opéré en attachant les surfaces à un chariot descendant librement sur un rail incliné, la résistance propre du chariot étant déterminée par un essai préalable. Sous réserve de quelques causes d'erreur inhérentes à cette méthode, ces expériences ont donné des résultats intéressants. L'auteur a trouvé qu'à la vitesse de 1 m par seconde, une surface de 1 m^2 de forme carrée donnait une résistance de 90 g et, de forme circulaire, une résistance de 80 g; l'addition en avant et en arrière du cercle de cônes ayant pour hauteur deux fois le diamètre de la base, réduit la résistance à 15 g, soit un cinquième de la résistance primitive. Les recherches de ces expérimentateurs ont été récompensées par la Société d'Encouragement.

Vérificateurs optiques des lignes et surfaces des machines et procédés de vérification, par M. Ch. DÉVÉ.

L'emploi des règles métalliques et des marbres pour la vérification

des lignes et des plans ne donne pas de résultats rigoureusement exacts et entraine, dans certains cas, de réelles difficultés tandis que l'usage de vérificateurs optiques ne présente pas les mêmes inconvénients.

La note dont il est question ici décrit les appareils et procédés qui permettent de déterminer les défauts de rectitude, de les mesurer exactement et de rectifier les lignes droites et les plans, sans avoir recours à la comparaison d'objets semblables. Elle expose ensuite diverses autres applications des mêmes vérificateurs.

Position des **points de transformation magnétique des aciers au nickel**. Note de M. L. Dumas *(Comptes rendus de l'Académie des Sciences)*.

Notes de mécanique.

Nous signalerons parmi ces notes une description des tramways à air comprimé de New-York, de la machine à mouler les pignons de Leland et Ferris, une note sur les scies à bois, d'après M. J. Richards, et une sur le treuil de Hunt et King.

ANNALES DES PONTS ET CHAUSSEES

1er trimestre de 1899 (suite).

Constructions diverses pour déterminer la poussée des terres sur un mur de soutènement, par M. Hisely, attaché au bureau des constructions métalliques de la Compagnie de l'Est.

L'auteur étudie graphiquement l'équilibre d'un massif de terre quelconque soutenu par un mur, la courbe des poussées, le théorème du plan de rupture, la construction générale du plan de rupture et la construction pratique du même plan et termine par des applications numériques de ces constructions.

Note sur le **pont-rivière d'Oudan,** par M. Mazoyer, Ingénieur en chef des Ponts et Chaussées.

Il existait, près de Roanne, un ouvrage en maçonnerie faisant passer la petite rivière d'Oudan au-dessus du canal de Roanne à Digoin. Cet ouvrage, très insuffisant, a été remplacé par une bâche métallique de 17,70 *m* de portée. La partie métallique pèse 73 500 *kg* et les dépenses se sont élevées à 55 300 *f*.

Le pont J.-F.-Lépine, par M. L. Biette, Ingénieur des Ponts et Chaussées.

Ce pont fait passer la rue Jean-François-Lépine au-dessus de la tranchée du chemin de fer du Nord. Il se compose d'une seule travée en acier de 43 *m* de portée sur des culées en maçonnerie ; il y a deux poutres de 5,50 *m* de hauteur au milieu et 3,20 *m* aux extrémités écartées de

15 *m* et réunies à la partie inférieure par des entretoises entre lesquelles sont disposés des longerons qui supportent un platelage en tôles embouties sur lesquelles reposent la chaussée et les trottoirs. Ces poutres sont en treillis.

La mise en place du tablier a été faite par lançage, le tablier ayant été construit à terre sur le côté ouest.

La partie métallique pèse 407 600 *kg*, soit 9500 *kg* par mètre courant et 612 par mètre superficiel; la dépense totale s'est élevée à 245 000 *f*.

Notes sur **la construction du pont Alexandre III,** par MM. Resal, Ingénieur en chef et Alby, Ingénieur des Ponts et Chaussées. Troisième partie *(suite)*.

Cette partie traite de la préparation aux usines des arcs en acier moulé, moulage, coulée, recuit, usinage et de la mise en place des arcs. Des notes annexes donnent les bases des calculs et des tableaux numériques relatifs à la stabilité des arcs.

Note sur **les chocs causés par l'eau dans les conduites de vapeur,** et sur les ruptures des valves en fonte, par M. C. Walckenaer, Ingénieur en chef des Mines.

Cette note a déjà paru dans les *Annales des Mines*, deuxième livraison de 1899, et nous en avons parlé dans le *Bulletin* d'avril 1899, page 639.

Bulletin des accidents d'appareils à vapeur survenus pendant l'année 1897.

Ce *Bulletin* a déjà paru dans les *Annales des Mines*, 12e livraison de 1898 et nous l'avons résumé dans le *Bulletin* de Mars 1899, page 485.

Institution à Lisbonne d'un laboratoire d'étude et d'essai des matériaux de construction. — Ce laboratoire a été institué par décret royal sur rapport du Ministre des Travaux publics, du Commerce et de l'Industrie, en date du 24 novembre 1898.

Note sur l'**enduit prévu pour le mur de garde du réservoir des Sottons,** par M. P. Breuillé, Ingénieur des Ponts et Chaussées.

Ce mur de garde ne devant avoir qu'une faible épaisseur, 2,50 *m* à la base et 1,79 *m* au sommet, on a prévu, pour soustraire les maçonneries à l'action de l'eau sous pression, un enduit étanche.

Cet enduit a été composé de un dixième de bitume pur et neuf dixièmes de mastic d'asphalte de Seyssel. le tout additionné du tiers de son volume de sable fin bien sec. Ce mélange doit s'appliquer sur des surfaces rugueuses et chauffées; on obtient ainsi une très grande adhérence.

ANNALES DES MINES

5e livraison de 1899.

Méthode graphique pour la reconnaissance et la vérification du tracé des voies de chemins de fer, par M. Desnouits, Ingénieur en chef du Matériel et de la Traction des Chemins de fer de l'État.

L'auteur s'est proposé de réaliser une méthode pour relever et enregistrer automatiquement, au moyen d'opérations simples, rapides et assez précises pour les besoins de la pratique, les éléments d'ordre géométrique qui définissent une voie de chemin de fer : profil en long, devers, tracé en plan, ainsi que les déformations et défectuosités locales.

Nous ne pouvons donner ici que le principe de la méthode qui repose sur l'emploi du pendule d'inertie, dû à l'auteur, combiné avec un système de mesures chronométriques.

Il n'est besoin d'aucun véhicule spécial. L'appareil enregistreur se place sur la machine ou dans un fourgon.

6e livraison de 1899.

Note sur **les gisements de minerais de fer des presqu'îles de Kertch et de Tauran (Russie),** par M. Bayard, ancien élève de l'École Polytechnique.

Ces gisements ont été signalés, dès 1832, par des ingénieurs russes, étudiés en 1857, par Le Play et de nouveau, en 1896, par un groupe d'ingénieurs russes et français, on a constaté qu'ils prennent place parmi les richesses les plus importantes du sous-sol de la Russie.

Toutes les installations relatives à leur exploitation et à leur transport par eau et par terre, doivent être terminées dans le courant de cette année et un premier haut fourneau sera mis en feu pour permettre de reconnaître sous quelle forme et avec quelle préparation se fera la meilleure utilisation du minerai de Kertch employé sans mélange.

Commission des substances explosives. — Rapport sur **les expériences faites à Blanzy,** le 6 juillet 1898, relativement aux **conditions d'établissement des dynamitières souterraines.**

Le programme d'une première expérience comportait l'étude des dégâts occasionnés par l'explosion d'une caisse de dynamite sur des portes et ventilateurs installés à diverses distances.

Il a été constaté qu'à la distance de 150 *m*, des ventilateurs ne seraient pas endommagés par la détonation d'une caisse isolée de dynamite. Or, en pratique, cette condition pourra toujours être réalisée. En outre, si on s'astreint à ce que les caisses de dynamite soit emmagasinées à

une distance des portes d'aérage de la mine, d'au moins 200 *m*, on sera à l'abri de tout risque sérieux.

Une seconde série d'expériences avait pour but de rechercher un moyen d'empêcher la détonation accidentelle d'une caisse de dynamite dans un magasin de se transmettre aux caisses voisines.

L'expérience a fait reconnaître que, si les caisses sont enfermées une à une dans des logements maçonnés fermés par des portes en fer et distants d'au moins 3 *m* les uns des autres, il n'y a pas transmission de l'explosion.

Note sur **les minerais de fer des territoires des Mekmas et des Nefzas (Tunisie)**, par M. A. Prost, Ingénieur des Mines.

Ces gisements ont fait, en 1884, l'objet de sept concessions restées inexploitées jusqu'ici. L'auteur les décrit succinctement, pensant que les raisons qui s'opposaient à leur mise en valeur ont beaucoup perdu de leur ancienne importance.

SOCIÉTÉ DE L'INDUSTRIE MINÉRALE

Juin 1899.

Réunions de Saint-Etienne.

Séance du 3 juin 1899.

Communication de M. Desjuzeur sur **un réducteur de courses pour prise de diagrammes** sur les machines à vapeur.

Ce réducteur de courses est basé sur le même principe que les appareils employés ordinairement, c'est-à-dire sur l'emploi de tambours de diamètre différents, mais les détails en sont perfectionnés. Il y a trois facteurs de réduction qu'on peut utiliser simultanément ou séparément et qui permettent des combinaisons assez variées pour que l'appareil s'applique à des courses comprises entre 0,25 et 2 *m*, en donnant aux diagrammes une longueur de 85 à 95 *mm* avec les indicateurs Crosby. On peut obtenir des diagrammes très précis à des vitesses de 400 tours par minute.

Communication de M. Desjuzeur sur **un appareil pour l'étalonnage des manomètres.**

Cet appareil est basé sur le principe d'une colonne de mercure fractionnée en une série de tubes en U. Il comporte :

1° Une pompe de compression à piston plongeur mue par une vis et un volant;

2° Un manomètre métallique de précision qui sert d'étalon secondaire;

3° Un faisceau de tubes en U formant l'étalon à mercure;

4° Un collecteur portant des brides pour recevoir les manomètres à étalonner et en communication avec la pompe et les deux étalons.

Cet appareil ne donne peut-être pas la perfection théorique, mais il est très commode et permet d'opérer rapidement.

Communication de M. DE SERRES sur **l'emploi des plafonds mobiles pour le moellonage des puits en fonçage.**

L'auteur décrit des applications faites au puits des Flasches et au puits Saint-Louis des Houillères de Saint-Étienne. On a constaté les avantages suivants : 1° possibilité assurée d'employer le plafond mobile dans les fonçages en sous-stot; 2° économie et simplicité d'installation; 3° économie du personnel de manœuvre; 4° sécurité.

Communication de M. MAURICE, sur l'**emploi des liquides plus lourds que l'eau pour l'analyse des charbons** et pour le contrôle rapide des opérations de lavage.

L'objet de cette note est de faire voir qu'on peut, avec des opérations par voie humide assez rapides, déterminer la teneur en eau, la composition en schistes et en charbon et peut-être même la teneur en cendres d'un échantillon donné, avec une approximation bien suffisante dans la pratique.

La détermination de la teneur en eau se fait au moyen d'une solution de chlorure de calcium marquant exactement 1,40 de densité, dans laquelle on introduit l'échantillon. On filtre ensuite le liquide, et la diminution de densité indique la proportion d'eau qui s'y est ajoutée et qui provient de l'échantillon.

La détermination des schistes et du charbon se fait en opérant avec un liquide tel qu'on puisse définir les schistes par les matières qui restent au fond du liquide, et le charbon par celles qui surnagent. Le liquide peut être une solution de zinc ou de chlorures alcalins. On se sert pour ces manipulations d'appareils spéciaux décrits avec détails dans la note.

Cette méthode donne des résultats suffisants pour la pratique; il y a une cause d'erreur inévitable, c'est la perte par matières pulvérulentes, pendant la manipulation.

DISTRICT DU CENTRE.

Réunion tenue à Montluçon le 26 mars 1899.

Communication de M. MARTINET sur **un encageage mécanique** et le **triage des bennes pleines par qualités.**

Le premier appareil ne saurait être facilement expliqué sans le secours de figures; le second procédé consiste dans l'emploi de voies divergentes aboutissant à un aiguillage, ce qui permet à l'ouvrier chargé du triage de diriger les bennes suivant leur qualité sur les voies correspondant à la chaine desservant les culbuteurs de cette sorte.

Communication de M. MARTINET sur l'**enclenchement des portes d'aérage dans les mines.**

Communication de M. Boutonnet sur **l'utilisation d'une venue d'eau au moyen d'une turbine actionnant un treuil.**

Au puits Sainte-Marie à la mine de Montvicq, on avait une venue d'eau régulière d'un hectolitre par minute à 145 *m* au-dessus du troisième étage On y a installé une turbine à axe horizontal de 0,90 *m* de diamètre qui commande un treuil pour la remonte d'un plan incliné. Cette installation, qui a très bien réussi, a coûté 17 800 *f*.

Analyse par M. Heliot d'un travail de M. Threlfall sur **la combustion spontanée des cargaisons de charbon.**

Après avoir rappelé les divers travaux faits sur cette importante question, l'auteur, professeur à l'université de Sydney et Président de la Commission Royale nommée par le gouvernement des Nouvelles-Galles du Sud pour faire une enquête sur la combustion des cargaisons de houille, expose les diverses causes auxquelles on a attribué ces combustions, discute l'influence de l'humidité, celle des impuretés de la houille et celle de la température à laquelle le chargement a été fait; la durée du voyage joue également un rôle.

En somme, le plus grand danger provient des tas de menus formés sous les panneaux. Ce danger est augmenté si le charbon a été chargé en totalité ou en partie à une haute température. Lorsqu'il sera impossible d'éviter de charger le charbon chaud, on devra enlever le charbon brisé sous les panneaux, et le remplacer par du charbon en gros morceaux. La poussière, répartie sur toute la cargaison sur une épaisseur de 4 *cm*, empêchera l'air de pénétrer dans la masse et contribuera à réduire les risques de combustion spontanée.

Communication de M. J. Bodard sur son **système de tuyaux démontables.**

Ces tuyaux sont en deux moitiés réunies par des agrafes; le joint est fait par une cordelette en chanvre ou toute autre matière. Les joints bout à bout se font par des brides.

Communication de M. Bonnel sur **les propriétés des aciers.**

L'auteur, en présence des qualités différentes des aciers trop nombreuses aujourd'hui pour que l'on puisse se contenter d'un seul coefficient comme on les trouve dans les notes et formules des aide-mémoire, se demande si l'on ne pourrait pas donner quelques indications sur la manière de désigner un acier, non seulement par son allongement et sa résistance, par exemple, mais en indiquant que les aciers présentent une résistance de tant à tant, telle ou telle propriété, soudabilité, etc.

A la suite d'une discussion, les membres de la réunion sont invités à dresser un questionnaire pour les diverses qualités que devraient avoir les aciers dont chacun a l'occasion de se servir. Ces réponses formeront une première base d'un travail de classification.

SOCIÉTÉ INDUSTRIELLE DE MULHOUSE

BULLETIN DE MAI-JUIN-JUILLET 1899.

Notice biographique sur **la vie et les travaux de Camille Koechlin**, par M. Albert SCHEURER.

Rapport sur la **marche de l'Association Alsacienne des propriétaires d'appareils à vapeur** pendant l'année 1898, présenté par M. Ernest ZUBER, président du Conseil d'administration.

Le nombre des chaudières abonnées à la fin de 1898 était de 2 522, en augmentation de 138 sur l'année précédente. Sur ce chiffre il y en avait 1 318 dans la Haute-Alsace, 645 dans la Basse et 559 en Lorraine.

De plus, 80 maisons étaient abonnées au service électrique avec 114 installations comprenant 185 dynamos génératrices, 123 réceptrices, 32 780 lampes à incandescence, 1 813 lampes à arc et 1 893 cellules d'accumulateurs.

Rapport de M. WALTHER-MEUNIER, Ingénieur en chef de l'Association Alsacienne des propriétaires d'appareils à vapeur sur **les travaux exécutés sous sa direction**, pendant l'exercice 1898.

Ces travaux comprennent 535 essais de chaudière à la presse, 521 essais de machines à l'indicateur et 20 essais divers, essais au frein, essais de vaporisation, etc. Il faut y ajouter des analyses d'eau, de dépôts et de désincrustants.

Ce rapport mentionne des essais faits sur le registre régulateur automatique de tirage, système Walter, dans lequel la manœuvre de la porte de chargement du foyer réagit sur le registre, de manière que celui-ci ne peut pas être ouvert en même temps que la porte. On peut, en outre, régler l'ouverture du registre suivant les besoins. Des expériences comparatives ont indiqué une économie de près de 9 0/0 donnée par l'emploi de l'appareil Walter, économie qu'on peut considérer comme un minimum, vu les conditions peu favorables dans lesquelles a été faite l'application de l'appareil.

On trouve encore la description de divers accidents survenus à des appareils à vapeur, déchirures, explosion de gaz dans des carneaux, rupture d'un condenseur.

Nous signalerons, à titre de curiosité, dans les tableaux statistiques des chaudières placées sous le contrôle de l'Association, la partie relative à l'âge des chaudières; on y trouve 2 générateurs âgés de 60 ans et plus, 8 de 55 à 60 ans, 215, soit 9 0/0 du total, âgés de 30 à 35 ans.

Ce rapport est suivi d'un autre, dû à M. Ch. PIERRON, sur les travaux du service électrique pendant l'exercice 1898, travaux consistant en revision et contrôle d'installations, essais et consultations. On trouve, dans ce rapport, une note sur le fonctionnement de la lampe à arc en vase clos de la Allgemeine Elektricitäts Gesellschaft; cette lampe brûle pendant 160 heures avec la même paire de charbons; seulement la consommation d'énergie est un peu plus forte.

Notice historique sur la Société des Arts, par M. Alfred Favre.

Cette Société, créée en 1876 à l'occasion du cinquantenaire de la Société industrielle, comptait en 1879 environ 250 membres et en a actuellement plus de 500. Elle a le grand mérite d'avoir su maintenir à Mulhouse le goût de l'art français. Elle a aujourd'hui 125 000 *f* en caisse, et la valeur de ses collections de tableaux peut être appréciée par le fait qu'elles sont assurées pour la somme de 600 000 *f*.

La laine, contribution à l'étude de sa nature chimique, par M. V. Flick. Résumé par M. H. Bourry et rapport de MM. E. Grandmougin et H. Bourry.

Notes relatives à **l'étude des différents systèmes de nouveaux métiers à tisser américains,** par M. Schlumberger.

Il s'agit d'un certain nombre de renseignements provenant des États-Unis et du Canada et relatifs à la valeur réelle des métiers Seaton et Northrop.

SOCIÉTÉ DES INGÉNIEURS ALLEMANDS

N° 30. — *29 juillet 1899.*

L'Exposition universelle de Paris en 1900.

Calculs des dimensions des cheminées pour chaudières à vapeur, par le professeur G. Lang.

Les constructions à un grand nombre d'étages dans l'Amérique du Nord, par J. Bredahl.

Groupe de Chemnitz. — Les moteurs à gaz à l'Exposition de moteurs et de machines diverses à Munich en 1898. — La fabrication des lampes à incandescence. — Problèmes aéronautiques.

Groupe de Dresde. — Règlements du Gouvernement saxon relativement aux chaudières à eau dans les tubes.

Situation de l'industrie allemande au moment du centenaire de la fondation de l'École Technique supérieure de Berlin.

N° 31. — *5 août 1899.*

Régularisation de la marche des moteurs, par J. Isaachsen,

Calcul des dimensions des cheminées pour chaudières à vapeur, par le professeur G. Lang *(fin)*.

Applications de la mécanique et de l'électricité aux travaux agricoles, par G. Fränkel.

Presse à étirer les métaux, par R. Kannegiesser.

Groupe du Rhin inférieur. — Collation du titre de docteur par les écoles techniques supérieures.

Correspondance. — Tracé de l'aubage des turbines Francis.

N° 32. — *12 août 1899.*

Le canal de Dortmund à l'Ems.

L'ascenseur pour bateaux de Henrichenburg, par B. Gerdau.

Groupe de Franconie et du Haut Palatinat. — Étude des installations générales des fabriques, par Geiger.

Bibliographie. — Le moteur à gaz, par Fr. Schöttler.

N° 33. — *19 août 1899.*

Les vibrations des navires, leurs causes et discussion des moyens proposés pour les réduire, par Berling.

Chauffage au charbon en poudre, système Freitag, par L. Kaufmann.

Groupe d'Aix-la-Chapelle. — La législation allemande sur les patentes d'invention et le brevet allemand n° 80974.

N° 34. — *26 août 1899.*

Les vibrations des navires, leurs causes et discussion des moyens proposés pour les réduire, par Berling *(suite).*

Groupe d'Aix-la-Chapelle. — La législation allemande sur les patentes d'invention et le brevet allemand n° 80974 *(fin).*

Groupe d'Alsace-Lorraine. — Réducteur de pression.

N° 35. — *2 septembre 1899.*

L'Exposition universelle de Paris en 1900. — Le pont Alexandre III, par C. Bernhard.

Théorie simplifiée du planimètre polaire, par R. Land.

Groupe de Franconie et du Haut Palatinat. — Le graphite et son emploi comme lubrifiant.

Groupe de Wurtemberg. — Observations hydrologiques et jaugeages dans le Wurtemberg.

Bibliographie. — Enroulement et construction des armatures dans les dynamos à courants continus, par E. Arnold.

N° 36. — *9 septembre 1899.*

Nouvelles machines pour l'exploitation des mines en Silésie, par H. Dubbol.

Dispositifs de sûreté pour machines d'extraction, par C. Budil.

Service des usines métallurgiques, par C. Schnabel.

Groupe de Franconie et du Haut Palatinat. — Quelques phénomènes relatifs aux courants à haute tension, aux courants Rœntgen et aux courants Tesla.

N° 37. — *16 Septembre 1899.*

Transport électrique de force de Paderno à Milan, par U. Ancona.

Calcul des charpentes de tours pyramidales à huit pans, par H. Müller-Breslau.

Service des usines métallurgiques, par C. Schnabel *(suite).*

La position de l'ingénieur, par D. Blumenthal.

Groupe de Hambourg. — L'industrie du naphte.

Groupe de Wurtemberg. — Le télétroscope. — Table à dessin de Hirth.

CHAPITRE VI

Détermination du profil en long.

Après avoir arrêté la division de la ligne en sections et la consistance de chaque section, il reste à déterminer le profil en long de chaque alignement.

Ce travail se partage en deux parties : l'étude du profil en voie courante et l'étude spéciale des profils de la ligne des berlines pleines et de la ligne des berlines vides au voisinage des stations. En traçant le profil de la voie courante, il convient d'établir à titre provisoire un palier d'une dizaine de mètres de longueur de part et d'autre de l'axe de chaque station. C'est sur cette longueur réservée que l'on disposera plus tard les pentes et rampes qui favorisent l'envoyage et la recette des berlines et leur transmission d'une ligne à l'autre.

§ 1er. *Profil courant.* — Le profil courant est déterminé par deux ordres de considérations : on doit suivre du plus près qu'on le peut la configuration du sol pour éviter les travaux inutiles et on doit disposer les courbes concaves pour que le brin le plus tendu de la chaîne ne puisse pas y abandonner les berlines, et les courbes convexes, pour que le brin le moins tendu ne touche pas les traverses ou n'y frotte que le moins possible. C'est dire qu'en aucun point il ne doit y avoir de changement brusque de pente : toutes les droites ou courbes composant le profil doivent être tangentes au point où l'une succède à l'autre.

Ces profils s'étudient sur un dessin coté, à échelles convenables, du profil du terrain. Les divers problèmes de géométrie que ce travail présente se résolvent graphiquement et par le calcul. Nous allons montrer par un exemple la marche à suivre dans une étude de ce genre.

Considérons le premier alignement A′ B de la section II. Prenons au point B, au niveau du sol, l'origine des abscisses et des ordonnées, tant pour le terrain que pour la voie, et proposons-nous de déterminer

la suite de droites et de courbes dont devra se composer le profil de la partie aval de l'alignement, à partir du point $x = 240$, $y = 32{,}40$, jusqu'au point B.

On voit que le terrain entre les abscisses 240 et 190, soit sur une longueur de 50 mètres, s'élève assez régulièrement à $0^m{,}03$ par mètre (soit exactement de $y = 32^m{,}15$ à $y = 33^m{,}58$ ou $\frac{1{,}43}{50} = 0{,}0286$).

On a donc tracé en cet endroit une rampe à 0,030 passant par le point $x = 240$, $y = 32{,}40$ (cote du rail). Cette rampe suit assez exactement le sol et n'exige, pour l'établissement de la plate-forme, qu'un simple réglage presque insignifiant; on peut le reconnaître en jetant les yeux sur le tableau suivant :

ABSCISSES.	ORDONNÉES du terrain.	ORDONNÉES de la voie.	ORDONNÉES de la plate-forme.	REMBLAI.	DÉBLAI.
	M.	M.	M.	M.	M.
240	32,15	32,40	32,20	0,05	»
230	32,54	32,70	32,50	»	0,04
220	32,86	33,00	32,80	»	0,06
210	33,23	33,30	33,10	»	0,13
200	33,36	33,60	33,40	0,04	»

Mais on voit qu'à partir de $x = 200$, le sol cesse de monter; il faut donc terminer en ce point la rampe à 0,03 et lui substituer un cercle tangent. Pour choisir le rayon de ce cercle, il faut d'abord connaître la tension en ce point du brin le moins tendu de la chaîne.

En calculant cette tension d'après la formule 2 de la page 522, on trouve qu'elle s'élève à 1,448 kilogrammes.

Or, sous une tension de 1,448 kilogrammes, une chaîne de $12^k{,}65$ par mètre prend, sur 20 mètres de longueur, une flèche de :

$$y = \frac{\pi}{2t} x^2 = \frac{12{,}65}{2 \times 1448} \overline{10}^2 = 0^m{,}437.$$

Sur la hauteur disponible de $0^m{,}913$, il reste donc pour la flèche du cercle $0^m{,}476$.

Le rayon du cercle qui présente une flèche de $0^m,476$, sur 20 mètres de corde est donné par l'équation :

$$0,476\,(2\,R - 0,476) = \overline{10}^2;$$

d'où. $$R = 105 \text{ mètres.}$$

Ainsi on peut abaisser jusqu'à 105 mètres le rayon du cercle cherché sans que les chaînes viennent traîner sur les traverses, mais il suffit de regarder le profil du sol pour voir qu'il convient d'employer un cercle d'un rayon beaucoup plus grand.

On reconnaît, par quelques tâtonnements, que la forme du terrain s'accommode d'un cercle de 500 mètres de rayon, tangent à la rampe de 0,03, au point $x = 200$, $y = 33,60$.

Dans un cercle de 500 mètres de rayon, pour $\frac{dy}{dx} = 0,03$, l'abscisse est déterminée par l'équation :

$$0,03 = \frac{dy}{dx} = \frac{X}{Y} = \frac{X}{\sqrt{\overline{500}^2 - X^2}};$$

d'où l'on tire :

$$X = 14^m,993,$$
$$Y = 499^m,775,$$
$$R - Y = 0^m,225.$$

Le sommet de ce cercle, c'est-à-dire le point à tangente horizontale se placera donc en :

$$x = 200 - 14,993 = 185,007,$$
$$y = 33,600 + 0,225 = 33,825.$$

Il est facile de calculer l'ordonnée de ce cercle correspondant à chacune des abscisses successives. Ainsi pour l'abscisse $x = 150$, on a :

$$X = 185,007 - 150 = 35,007,$$
$$Y^2 = R^2 - X^2 = \overline{500}^2 - \overline{35,007}^2;$$

d'où $$Y = 498,773,$$
$$R - Y = 1,227,$$
$$y = 33,825 - 1,227 = 32,598.$$

On obtient ainsi le tableau suivant :

ABSCISSES.	ORDONNÉES du terrain.	ORDONNÉES de la voie.	ORDONNÉES de la plate-forme.	REMBLAI.	DÉBLAI.
	M.	M.	M.	M.	M.
200	33,36	33,60	33,40	0,04	»
190	33,58	33,80	33,60	0,02	»
185,01	»	33,825	33,625	»	»
180	33,57	33,80	33,60	0,03	»
170	33,42	33,60	33,40	»	0,02
160	33,08	33,20	33,00	»	0,08
150	32,41	32,598	32,40	»	0,01

On voit par ce tableau, comme on peut aussi s'en rendre compte sur la fig. 3, pl. 66, que le cercle de 500 mètres de rayon suit parfaitement le sol jusqu'à $x = 150$, soit sur 50 mètres de longueur.

Mais il se trouverait ensuite quelque peu au-dessus du sol. On peut éviter le remblai en substituant au cercle de 500 mètres de rayon, un cercle plus petit à partir du point $x = 150$.

On se rend aisément compte par quelques essais, qu'un cercle de 340 mètres de rayon convient bien à la forme du sol tout en ménageant la possibilité d'aboutir dans les conditions voulues à la station B. Ce cercle d'ailleurs ne laissera pas frotter la chaîne sur la voie.

Raccordons donc en $x = 150$, $y = 32{,}598$, le cercle de $R = 340$ au cercle de $R = 500$.

Dans ce cercle de 500, on a :

$$X = 35{,}007, \quad Y = 498{,}773 ;$$

d'où

$$\frac{dy}{dx} = \frac{X}{Y} = \frac{35{,}007}{498{,}773} = 0{,}07019.$$

On doit donc avoir dans le cercle de 340 :

$$0{,}07019 = \frac{dy}{dx} = \frac{X}{Y} = \frac{X}{\sqrt{340^2 - X^2}} :$$

d'où

$$X = 23{,}806,$$

$$R - Y = 0{,}835.$$

Le sommet de ce cercle, dont nous nous servirons seulement comme d'un point auxiliaire de construction sera donc en :

$$x = 150 + 23{,}806 = 173{,}806,$$
$$y = 32{,}598 + 0{,}835 = 33{,}433.$$

En calculant, par les mêmes formules que ci-dessus, les intersections du cercle de 340 mètres de rayon avec les ordonnées successives, on trouve le tableau suivant :

ABSCISSES.	ORDONNÉES du terrain.	ORDONNÉES de la voie.	ORDONNÉES de la plate-forme.	REMBLAI.	DÉBLAI.
	M.	M.	M.	M.	M.
150	32,41	32,598	32,40	»	0,01
140	32,09	31,75	31,55	»	0,54
130	28,97	30,60	30,40	1,43	»
120	28,85	29,15	28,95	0,10	»
110	27,00	27,39	27,19	0,19	»
100	25,41	25,82	25,12	»	0,29
90	22,92	22,94	22,74	»	0,18
80	21,12	20,24	20,04	»	1,08
70	18,49	17,20	17,00	»	1,49

On voit que cette courbe suit bien la configuration du terrain et si elle l'entame un peu dans les vingt ou vingt-cinq derniers mètres, on peut juger sur le profil que cela est nécessaire pour le raccordement avec la parabole qui doit arriver horizontalement à la station B.

Au point $x = 70$, le cercle de $R = 340$ donne :

$$X = 173{,}806 - 70 = 103{,}806$$

d'où
$$Y = \sqrt{340^2 - 103{,}806^2} = 323{,}766;$$

$$\frac{dy}{dx} = \frac{X}{Y} = 0{,}3206.$$

Cette pente est un peu forte ; nous l'accepterons néanmoins pour ne pas exagérer le déblai qu'exige l'établissement de la parabole.

A la station B, la tension est de 500 kilogrammes.

Ajoutant à cette tension de la chaîne 500 kilogrammes pour tenir compte des surtensions accidentelles, il vient 1000 kilogrammes. Or, sous une tension de 1000 kilogrammes, une chaîne de $12^k,65$ prend la figure de la parabole :

$$y = \frac{\pi}{2t} x^2 = \frac{12,65}{2 \times 1000} x^2 = 0,006325\, x^2.$$

Mais comme on peut prendre une parabole d'un paramètre un peu moindre sans nuire d'une manière sensible au tracé, nous choisirons la parabole $y = 0,00617\, x^2$ qui permet d'obtenir un prompt raccordement à la pente à 0,3206 venant de l'amont.

Dans cette parabole, pour $\frac{dy}{dx} = 0,3206$ on a :

$$0,3206 = 2.0,00617\, X ;$$

d'où

$$X = 25,980,$$

$$Y = 0,006170.\ \overline{25,980}^2 = 4,164,$$

$$y = 4,164 + 1,500 = 5,664.$$

Il est facile maintenant d'achever le raccordement.

A l'extrémité gauche du cercle de 340 :

$$x = 70, \quad y = 17,20,$$

soudons en effet une pente à $0^m,3206$ par mètre.

Cette pente parviendra à la hauteur de l'extrémité droite de la parabole $y = 5,664$ après un parcours :

$$X = \frac{17,20 - 5,664}{0,3206} = 35,982,$$

c'est-à-dire au point :

$$x = 70 - 35,982 = 34^m,018.$$

Le sommet de la parabole se placera ainsi en :

$$x = 34,018 - 25,980 = 8,038.$$

Telle est la longueur, à la rigueur suffisante, qui restera au voisinage de B, pour l'établissement des voies d'envoyage et de recette.

Les profils du terrain, de la voie et de la plate-forme du point $x = 70$ au point B sont ainsi représentés par le tableau suivant :

ABSCISSES.	ORDONNÉES du terrain.	ORDONNÉES de la voie.	ORDONNÉES de la plate-forme.	REMBLAI.	DÉBLAI.
	M.	M.	M.	M.	M.
70	18,49	17,20	17,00	»	1,49
60	15,93	13,99	13,79	»	2,14
50	13,15	10,79	10,59	»	2,56
40	9,97	7,58	7,38	»	2,59
34,02	»	5,66	5,46	»	2,00
30	7,08	4,48	4,28	»	2,80
20	4,46	2,38	2,18	»	2,28
10	1,98	1,52	1,32	»	0,66
8,038	»	1,50	1,30	»	»
0	0,00	1,50	1,30	1,30	»

On voit en résumé, que l'on a pu, sans remblai ni déblai bien importants, donner à la voie un profil satisfaisant aux conditions d'une exploitation normale du chemin de fer.

§ 2. *Tracé et profil des abords des stations.* — Au voisinage des stations, le profil en long de chacune des deux voies doit satisfaire à des conditions spéciales.

Prenons pour exemple les abords amont de la station B à laquelle aboutit le profil qui vient d'être calculé et dans lequel a été ménagé du côté de A′ un palier provisoire de $8^m,038$ de longueur.

Cette station B doit servir à la transmission entre les deux alignements de la section II, des berlines pleines et vides, et, de plus, à l'exploitation d'une carrière voisine.

On a donc établi en B un plancher horizontal de fonte de 3 mètres en longueur dans le sens de la ligne (fig. 2, pl. 67).

Le profil de B vers A′ commence ainsi pour l'une et l'autre voie par un palier de $1^m,50$, dont l'extrémité se trouve en :

$$x = 1,500, \quad y = 1,500.$$

Sur la voie des berlines pleines, qui est à droite en regardant le

point A′, il faut une pente pour la recette des berlines qui se détachent de la chaîne. Cette pente doit être assez longue pour que le décrochage ne puisse s'effectuer avant que le wagon ne soit engagé sur la pente; elle doit avoir une inclinaison suffisante pour que le wagon abandonné à lui-même, avec la faible vitesse de la marche normale de la chaîne, continue son mouvement; mais cette inclinaison ne doit pas être assez forte pour que le wagon puisse s'accélérer notablement et parvenir à la plaque avec une vitesse gênante.

La tension de la chaîne des berlines pleines à la station B n'étant que de 500 kilogrammes, celle-ci prend une forme très creuse, de sorte que le décrochage se fait très près du galet qui supporte la chaîne à son entrée sur la poulie. Pour ce motif, il a suffi de donner à la pente une longueur de 3 mètres. Dans certains cas, il faut une longueur beaucoup plus grande.

D'autre part, on assure aux berlines libres, sur un alignement, un mouvement convenable par une inclinaison de 20 millimètres par mètre.

La pente a donc son sommet en

$$x = 1{,}500 + 3{,}000 = 4^{m},500,$$
$$y = 1{,}500 + 0{,}02.\,3{,}000 = 1^{m},560.$$

A partir de ce point le profil se continue par un cercle de 50 mètres de rayon tangent à la pente, ayant son sommet en

$$x = 5{,}500;\ y = 1{,}570.$$

Pour raccorder ce cercle à la parabole de $y = 0{,}00617\,x^2$ qui forme en cet endroit le profil courant, il faut admettre une parabole un peu plus creuse, soit $y = 0{,}007\,x^2$. Cela ne présente pas d'inconvénient, à cause de la faible longueur de la parabole de raccordement, et aussi parce que, au voisinage des stations en terrain plat, l'abandon accidentel d'une berline par la chaîne serait bien moins à redouter qu'en voie courante. D'ailleurs la parabole $y = 0{,}007\,x^2$ correspond encore à une marge de sécurité de 403 kilogrammes de tension.

Suivant le point du cercle où l'on soudera la parabole de paramètre 0,007, elle se raccordera plus ou moins parfaitement avec la parabole de périmètre 0,00617. C'est par tâtonnement qu'on peut le mieux résoudre ce genre de problèmes.

On trouve ainsi qu'il faut souder la parabole de 0,007 au cercle sous l'inclinaison de 0,027.

Pour cette inclinaison, le cercle donne :

$$X = 1{,}350, \quad R - Y = 0{,}018,$$

c'est-à-dire que son extrémité sera en

$$x = 5{,}500 + 1{,}350 = 6{,}850,$$
$$y = 1{,}570 - 0{,}018 = 1{,}552.$$

Pour cette même inclinaison de 0,027 on trouve dans la parabole de 0,007

$$X = \frac{0,027}{2.0,007} = 1{,}929,$$
$$Y = 0{,}007\,x^2 = 0{,}026.$$

Le sommet de la parabole se placera ainsi au point :

$$x = 6{,}850 + 1{,}929 = 8{,}779,$$
$$y = 1{,}552 - 0{,}026 = 1{,}526.$$

On peut vérifier aisément qu'à l'abscisse :

$$x = 14{,}779,$$

cette parabole de 0,007 et la parabole de 0,00617 passent toutes deux à la hauteur

$$y = 1{,}779$$

avec un écart de 1 millimètre seulement, et que la première présente en ce point une inclinaison de 0,0840, et la seconde une inclinaison de 0,0831. Ce raccordement peut être considéré comme pratiquement exact.

Le profil de la voie des berlines vides commence de même en B vers A', par une rampe d'envoyage de 3 mètres de long et de 0,020 d'inclinaison, ayant son extrémité en

$$x = 4{,}500, \quad y = 1{,}440.$$

Plaçons en ce point la parabole même $y = 0{,}00617\,x^2$ qui convient bien à la tension de la chaîne, son sommet s'établira en

$$x = 6{,}120, \quad y = 1{,}424.$$

Et on trouve par le calcul que l'on peut mener une tangente commune à cette parabole et à la parabole de 0,007 qui vient d'être choisie

pour le profil de la voie des berlines pleines. Cette tangente commune touche la parabole de 0,00617 en

$$x = 9{,}381, \quad y = 1{,}490,$$

et la parabole de 0,0070 en

$$x = 11{,}658, \quad y = 1{,}584;$$

elle est inclinée à 0,0403.

On peut voir sur la fig. 1, pl. 67 les profils de B vers C. Ils commencent, l'un et l'autre, par un palier de $1^m{,}500$ correspondant au plancher de la station, puis le profil de la voie des berlines pleines comporte une pente d'envoyage et celui de la voie des berlines vides une rampe de recette à 0,020. Comme les tensions sont fortes, cette pente et cette rampe ont dû recevoir 6 mètres de longueur. Elles sont raccordées l'une et l'autre par des courbes appropriées à la pente à 0,25 du profil courant.

On voit qu'aux abords de cette station B, les deux voies se posent à des niveaux différents sur une distance totale de $32^m{,}118$ et que la dénivellation atteint au plus $0^m{,}300$.

Nous dirons encore quelques mots sur le tracé en plan et en profil des stations d'angle F et G, où les deux alignements sont raccordés en plan par des courbes de petits rayons (fig. 3, pl. 67).

Les deux lignes qui aboutissent au point G font ensemble un angle de 137° 30′, et comme il ne doit ni entrer ni sortir de berlines à cette station, au lieu d'y établir un plancher de plaques, on a préféré ne pas y interrompre les voies, et disposer chacune d'elles en vue de la transmission automatique des berlines.

Le raccordement en plan est fait à l'aide d'arcs de cercle de 5 mètres de rayon pour l'axe de chacune des voies; seulement il a fallu, pour assurer la libre circulation des berlines vides, composer la voie extérieure de trois arcs de cercle successifs, formant deux S, afin qu'elle s'écarte suffisamment du sommet même de l'angle G où doit s'établir l'arbre vertical des poulies.

Sur des courbes de ce genre, l'inclinaison doit dépasser sensiblement $0^m{,}020$ par mètre pour que les berlines libres s'y meuvent sûrement; on a fait choix d'une inclinaison de $0^m{,}040$ par mètre qui, à l'épreuve de la pratique, s'est trouvée un peu faible.

Ces inclinaisons sont raccordées, en profil, avec les parties droites à l'aide de cercles convexes ou de paraboles concaves qui se déterminent par des calculs semblables à ceux qui viennent d'être développés.

Il convient d'observer toutefois que l'accrochage et le décrochage des wagonnets doivent avoir lieu avant leur entrée sur les parties courbes, et après leur sortie de ces parties, sans quoi l'effort transversal de la chaîne ferait dérailler les berlines. Et comme on a fixé à 0,020 l'inclinaison qui convient sur les parties droites au roulement des berlines libres, on doit choisir les cercles et les paraboles de raccordement de telle façon que le point où leur inclinaison est de 0,020 soit assez distant pour que l'accrochage et le décrochage s'effectuent sûrement sur le parcours compris entre l'inclinaison de 0,040 et celle de 0,020.

La longueur sur laquelle les deux voies sont établies à des niveaux différents est de 42^{m},20, et leur plus forte différence de niveau est de 47 centimètres.

Lorsque les deux alignements qui aboutissent à une station font entre eux un angle très aigu, comme c'est le cas aux deux extrémités de DE (V. le plan d'ensemble, fig. 2, pl. 66), si l'on raccordait en plan les deux voies par des arcs de cercle de 5 mètres de rayon, les points de tangence se trouveraient loin du sommet de l'angle. De plus, les arcs seraient assez longs, et comme il faut y porter l'inclinaison des pentes et rampes à 0,040 pour que les berlines libres puissent y circuler, les deux voies se trouveraient fortement dénivelées aux points de tangence.

Les nécessités des raccordements verticaux et horizontaux conduiraient ainsi à des tunnels ou à d'importantes tranchées en amont de la station, et à l'aval, à des remblais ou à des murs difficiles à appuyer sur les déclivités transversales du terrain. On a dû recourir à des artifices spéciaux pour tourner ces difficultés et éviter des ouvrages dispendieux.

La fig. 4, pl. 67, montre les dispositions de la station D, qui est une sorte de station de rebroussement. Les deux lignes CD et DE se coupent en D sous un angle de 54°. Mais les deux voies de la ligne CD, quelques mètres avant d'arriver en D, s'incurvent en D_c, où est placée la poulie de DC et deviennent parallèles à DE. Les quatre voies se poursuivent à quelques mètres au delà du point D jusqu'en D_s, où se trouve

la poulie de DE. Les voies des wagons pleins aboutissent à une petite plaque tournante qui sert à retourner facilement les wagons venant de C pour les envoyer vers E. Les voies des wagons vides arrivent à une plaque de manœuvre où les wagons qui viennent de E sont tournés et expédiés sur CD. Chacune de ces voies de service présente une légère pente favorable au mouvement des berlines.

On conçoit qu'en reculant en D_2 le point de départ du profil montant de DC et du profil descendant de DE, on facilite beaucoup l'établissement de ces profils sans ouvrages difficiles. La fig. 5, pl. 67, montre bien l'avantage de cette disposition. On voit qu'au droit du point D il y a déjà entre les voies des deux alignements des différences de niveau importantes.

La station E, où se trouve le puits vertical, est représentée par les fig. 1 et 2, pl. 68. Les deux alignements DE, EF se croisent en E, et c'est naturellement en ce point qu'est placé l'arbre des poulies où s'enroulent les chaînes des deux alignements. La chaîne de EF est au niveau qui convient à la ligne EF, et la poulie de DE est calée à la partie supérieure de l'arbre à $3^m,260$ plus haut. Les deux brins de la chaîne DE sont supportés en E_2 au niveau de l'alignement supérieur DE par des galets et descendent sur la poulie de EF.

En E_2, à 20 mètres avant le point E, les voies de DE s'infléchissent vers la gauche et vont aboutir à la margelle du puits vertical. Au pied de ce puits, sur la face opposée, des voies courbes conduisent à des plaques de manœuvre placées sur la voie des wagons pleins et sur la voie des wagons vides de l'alignement EF, un peu avant la poulie E. Toutes ces voies de service ont les pentes nécessaires pour que les berlines y circulent automatiquement dans la direction voulue.

CHAPITRE VII

Infrastructure, travaux d'art.

La plate-forme a une largeur de 3 mètres en remblai et en déblai.

Il y a en amont de B une longue tranchée à la roche. La forte dépense et la longue durée de ce genre de travaux ont conduit à en réduire l'im-

portance par tous les moyens possibles. Entre autres, on a relevé, comme on l'a vu ci-dessus, le niveau de la station B de 1m,50 au-dessus du sol naturel, au prix d'une notable augmentation du remblai en aval de B. La tranchée s'est trouvée ainsi réduite à 90 mètres de longueur et 2m,80 de profondeur maxima.

En amont de D, l'arrivée de la station a, de même, exigé une forte tranchée au rocher qu'on s'est attaché à diminuer le plus possible : on a poussé l'inclinaison jusqu'à 0m,320 sur 82m,35 de longueur.

La tranchée a 50 mètres de long avec une profondeur maxima de 3 mètres.

A part le tunnel en maçonnerie de 29 mètres qui passe sous la route royale de Bilbao à Santander, il n'existe sur la ligne qu'une seule galerie de 104 mètres de longueur. Elle s'ouvre à une soixantaine de mètres en aval du point C, et elle est en pente rectiligne de 0m,120 par mètre. Cette galerie n'aurait pas été absolument nécessaire, mais le chemin de fer à câble aérien qui desservait la mine au moment où se construisait la chaîne flottante, avait en cet endroit, un pylône important qu'on ne pouvait pas enlever avant la mise en service du nouveau système de transport. C'est à cause de cette sujétion qu'on a abaissé un peu le profil et qu'on a creusé une galerie au lieu d'une tranchée. Le tunnel n'est ni muraillé, ni boisé; il a 2m,30 de largeur et 1m,90 de hauteur.

Entre F et G se trouve un pont qui franchit l'estuaire de la rivière qui descend de la vallée de Mioño. Cet ouvrage a 82 mètres de longueur; il est établi en six travées formées de poutres armées boulonnées sur des piles en bois. Les piles sont enfoncées dans le sable et le gravier formant le lit de la rivière. Le bois employé pour les poutres et les piles est le sapin du Nord.

Le puits vertical qui assure la transmission des wagons entre DE et EF est représenté par les fig. 1 et 2, pl. 68; il a 13m,50 de hauteur et une section de 2m,75 sur 1m,50.

Ce puits s'appuie, en la pénétrant un peu, contre la falaise qui borde la route; il est maçonné sur les quatre côtés. Au bas, sur la face, deux baies livrent passage aux voies qui vont du pied du puits à la station E; sur les deux côtés les murs reposent, de toute la largeur intérieure du puits, sur un poitrail en fer double T, en ménageant une ouverture qui facilite les manœuvres des wagonnets montants et descendants.

Le puits est guidé en bois; les guides sont fixés par queues d'hi-

ronde serrées avec des coins dans des traverses espacées de deux mètres ; cette fixation des guides évite l'emploi des chevillettes.

La charpente qui porte la roue de la balance est fixée dans la maçonnerie du puits.

CHAPITRE VIII

Superstructure.

La voie a 0,460 de largeur à l'intérieur des rails. La distance entre les axes des deux voies est de $1^m,200$.

Des rails de 8 kilogrammes par mètre courant reposant sur des traverses espacées de $0^m,80$ d'axe en axe auraient suffi parfaitement pour assurer au chemin de fer une longue durée et un service satisfaisant, mais la mine de Dicido avait un fort approvisionnement de rails à patin, en métal Bessemer, de second choix, d'un profil beaucoup plus fort, et on a préféré utiliser ces rails plutôt que de s'en procurer de plus légers.

Les quatre files de rails reposent sur des traverses en bois de chêne de $2^m,20$ de long et $0^m,15 \times 0^m,09$ de section. Sur les grandes pentes, et de place en place, les traverses sont retenues par un mur en pierres, hourdé en ciment, construit transversalement à la voie; ce mur est fondé sur le roc, les traverses y sont fixées à l'aide de fortes broches en fer.

Comme, aux stations, les deux voies ne sont pas au même niveau, chacune d'elles a des traverses distinctes ; des murettes en pierres sèches séparent en deux la plate-forme dans sa largeur.

Les stations sont, en dehors de la voie, les seuls points fixes d'une installation à chaîne flottante. Il faut les construire avec une solidité à toute épreuve, car les tensions normales des chaînes sont considérables et peuvent être brusquement augmentées dans une proportion difficile à prévoir par les chocs qui pourraient se produire en quelque point du système mobile.

La puissance vive des masses en mouvement est considérable malgré la faible vitesse; les variations de cette puissance vive exercent sur les stations des efforts qu'on ne saurait négliger. Pour ces motifs, on a pris pour base de calcul dans la construction des stations, des tensions

triples des tensions normales. Partout où la tension de certaines chaînes venait en diminution de la tension des chaînes de direction opposée, on n'a pas fait la déduction en prévision d'une rupture de la chaîne.

Les fig. 3 et 4, pl. 68, représentent la construction de la station C, qui comporte un frein et un régulateur et où les tensions sont les plus fortes.

Deux forts massifs en maçonnerie de moellons, hourdée de mortier de ciment, reposant sur de solides fondations, servent à la fixation des poulies; ils sont construits de part et d'autre des voies sur 5 à 6 mètres de longueur, et ont jusqu'à $1^{m},50$ d'épaisseur. Des murs moins épais leur font souvent suite de part et d'autre de leur longueur ou sont élevés à quelque distance; ceux-ci servent à supporter des galets sur lesquels repose la chaîne, et des barres qui assurent le décrochage des berlines.

Dans la construction de chacun des massifs principaux, on a, comme cela se fait dans le Lancashire, noyé dans la maçonnerie de la fondation deux semelles de $0^{m},25$ d'équarrissage et de $3^{m},50$ de longueur et réservé des vides verticaux pour recevoir de forts boulons de toute la hauteur du mur. Ces boulons relient aux semelles la charpente supérieure et intéressent ainsi tout le massif à la résistance du système.

Deux semelles transversales jointives, de même équarrissage, sont emprisonnées sous les deux massifs; leur face supérieure est un peu au-dessous du niveau des rails.

A cause des difficultés que présente le terrain en A′ pour l'établissement de la maçonnerie, cette station a été construite entièrement en charpente de bois.

Le chapeau de charpente consiste en une poutre armée formée de deux ou trois pièces de $0^{m},25$ d'équarrissage, maintenues à un faible écartement par des blocs entretoises.

La crapaudine de l'arbre des poulies est boulonnée sur la double semelle transversale, et le palier vertical de cet arbre est appliqué contre la poutre armée de façon que la tension, résultant des quatre brins de chaîne, tend à le presser contre le bois sans imposer d'effort aux boulons de fixation.

La charpente qui supporte les galets et les barres à décrocher est construite d'une manière analogue.

Le bois employé est le sapin du Nord.

CHAPITRE IX

Matériel.

§ 1^er^. *Chaînes.* — Les chaînes sont des chaînes-câbles ordinaires à maillons courts non renforcés. Elles ont été fabriquées avec beaucoup de soin, en fer n° 4 du Nord par M. Turbot d'Anzin.

Il y a sur le chemin de fer 5,000 mètres de chaîne en fer de 25 millimètres de diamètre et 700 mètres en fer de 18 millimètres. La chaîne de 25 millimètres est calibrée.

La longueur intérieure des maillons a été fixée à : 3, 5 d; d étant le diamètre du fer après la confection de la chaîne ; la largeur intérieure est : 1, 5 d — 0,01 d^2.

La chaîne de 25 pèse 12^k^,650 par mètre et celle de 18, 6^k^,606.

Dans les essais de réception, la rupture s'est produite sous une traction variant de 28^k^,48 à 30^k^,51 par millimètre carré de la double section. La chaîne soumise à une traction de 16 kilogrammes par millimètre carré de la double section n'a pas éprouvé de déformation permanente.

§ 2. *Berlines.* — La berline est représentée par les fig. 5, 6, 7 et 8, pl. 68.

Ces wagonnets sont d'une solidité suffisante pour résister aux chocs qu'ils subissent au chargement ou pendant les manœuvres dans les carrières.

Le chargement normal ayant été fixé à 400 kilogrammes de minerai, on a donné à la caisse une capacité de 288 litres suffisante pour recevoir sûrement ce poids sans pouvoir toutefois loger un poids de minerai notablement plus élevé.

Les dimensions intérieures de la caisse sont les suivantes :

Longueur	1 mètre
Largeur.	0^m^,64
Profondeur	0^m^,45

La caisse est en peuplier. Elle est consolidée par deux équerres extérieures en fer méplat de 50 millimètres sur 5 millimètres à chaque arête verticale et par une ceinture intérieure en cornière $\frac{50 \times 50}{6}$.

Le bâti, construit en chêne du pays, se compose de deux longerons de $0^m,10$ sur $0^m,06$ et $1^m,30$ de longueur, entretoisés par trois traverses de 8 centimètres sur 6 centimètres assemblées à mi-bois.

Deux ranchets en fer cornière sur chaque côté et deux à l'arrière retiennent la caisse au châssis. Ces cornières ont $\frac{50 \times 50}{6}$.

Deux cornières $\frac{60 \times 60}{6}$, boulonnées aux longerons, se coudent et montent obliquement le long du panneau d'avant au-dessus duquel elles font saillie.

Sur la partie supérieure de ces cornières, se rive une plaque en fer forgé de 30 millimètres d'épaisseur découpée pour former la fourche.

La découpure de la fourche se compose d'une fente verticale un peu plus large que le diamètre du fer de la chaîne et d'un évasement formé par deux plans inclinés destiné à guider le maillon qui se place verticalement dans la fente.

Toutes les ferrures des berlines ont été fort bien exécutées en fer de la basse Indre par MM. Savary et Cie, constructeurs de wagons à Quimperlé (Finistère).

Les roues sont formées d'un essieu en Bessemer de 40 millimètres de diamètre, calé dans deux centres en acier coulé de 271 millimètres de diamètre de roulement. La toile réunissant le moyeu à la jante, est courbe et ajourée de cinq ouvertures rondes. Une paire de roues montées pèse 24 kilogrammes.

Les paliers en fonte malléable dans lesquels tournent les essieux sont boulonnés sous les longerons. Ils présentent au-dessous de l'essieu une bande demi-circulaire dont la largeur ne couvre que la moitié intérieure de la longueur de la fusée. De cette façon, la berline ne quitte pas les essieux pendant le basculage sur les verseurs installés au port d'embarquement, et la fusée reste cependant accessible sous le wagonnet pour le graissage.

Les trains montés ont été fournis dans de bonnes conditions par l'usine de Remscheid (Prusse Rhénane) appartenant à la Stahl-Industrie-Gesellschaft, qui s'est fait une spécialité de ce genre de travaux.

Le graissage est automatique. En quatre points du parcours, tant sur la voie d'aller que sur la voie de retour, les fusées des essieux rencontrent une brosse circulaire dont le bas plonge dans un bac d'huile et qui tourne par l'action même du passage des essieux.

La brosse circulaire est rendue plus ou moins mobile par le serrage gradué des chapeaux des paliers qui portent son axe.

§ 3. *Poulies.* — Le chemin de fer étant composé de quatre sections formées d'une ou plusieurs lignes, les stations sont de divers genres suivant qu'elles comportent un frein commandant la section ou qu'elles servent à la transmission du mouvement d'une chaîne à une autre, ou bien encore à la seule inflexion de la chaîne.

Dans la section I, A est la station frein et A′ une station avec deux poulies folles où l'on peut introduire et retirer des berlines.

Dans la section II, c'est la station B qui contient le frein et qui commande les deux lignes A′ B et B C, fonctionnant ensemble ou isolément; les stations A′ et C sont terminales, et munies chacune d'une poulie folle.

Mais C est en même temps la tête de la section III, formée de l'alignement CD_c; la poulie de D_a est une poulie folle.

Enfin, la section IV a sa maîtresse station en D_a; les stations E, F et G sont des stations de transmission et la dernière poulie d'inflexion est en H.

Au centre de chaque station, il y a un arbre vertical tournant dans une crapaudine à sa base et dans un palier à sa partie supérieure. Les poulies des divers genres sont calées sur ces arbres ou sont folles autour d'eux.

Les arbres sont en Bessemer doux; ils sont calculés pour résister aisément aux efforts de flexion et de torsion qu'ils peuvent avoir à supporter dans les conditions les plus défavorables; l'effort par millimètre carré ne dépasse pas 3 kilogrammes dans le service normal. On est arrivé ainsi à un diamètre de 160 millimètres pour l'arbre de la station C où les tensions sont les plus fortes.

Les crapaudines sont robustes et garnies d'une bague en bronze de 30 millimètres d'épaisseur. Le tourillon repose sur un grain en acier

trempé. Les paliers sont de même très solides, pourvus d'épais coussinets.

Les poulies qui doivent être entraînées par la chaîne ou qui doivent l'entraîner sont des poulies à empreintes pour la chaîne de 25 millimètres et des poulies à fourches pour les petites chaînes.

Les poulies à empreintes (V. fig. 1, pl. 69) ont été combinées dans le même esprit que celles qu'emploient les mines de Mariemont et Bascoup; elles sont formées d'une forte roue en fonte A dont l'épais moyeu B se cale sur l'arbre à l'aide de deux clavettes C C, placées à 120° l'une de l'autre et dont la jante D porte 21 logements carrés E de 85 millimètres de côté. Dans ces logements, glissent à frottement doux les dents en acier F présentant à leur extrémité extérieure la forme même du maillon. Ces dents sont pressées par une vis G de 25 millimètres de diamètre sur des embases H ménagées à la surface d'une couronne I venue de fonte avec la roue. Une rondelle K, système Belleville, est placée sous la tête de chaque vis pour l'empêcher de se desserrer.

Cette mobilité des empreintes dans le sens du rayon permet de parer à l'agrandissement progressif du pas de la chaîne par suite de l'usure des maillons à leurs contacts. Pour augmenter le pas de la roue à empreintes, il suffit de desserrer les vis et de placer sous la base de chaque empreinte une rondelle fendue en laiton de l'épaisseur voulue.

Il y a pour chaque roue 21 jeux de 6 rondelles de 1, 2, 4, 8, 16 et 32 millimètres d'épaisseur, de sorte que les dents peuvent être sorties de 1 millimètre jusqu'à concurrence de 63 millimètres, ce qui correspond pour le fer de 25 qui constitue la chaîne, à une usure de 4 millimètres.

Le diamètre moyen des poulies est tel que les deux brins de la chaîne qui s'y enroule soient distants de $1^{m},200$, c'est-à-dire à l'écartement des axes des deux voies. Ces poulies pèsent environ 1,000 kilogrammes chacune.

A la station B il y a une poulie de ce type pour recevoir la chaîne de B C et une autre pour la chaîne B A'.

Les poulies à fourches, pour chaînes de 18 millimètres, sont représentées par la fig. 2, pl. 69. La jante présente une gorge de la forme voulue pour recevoir les maillons horizontaux et les maillons verticaux de la chaîne. Quinze fourches plates en acier s'introduisent dans des

rainures tracées suivant des rayons dans les joues élargies de la jante et sont retenues par une queue taraudée qui traverse le fond de celle-ci et sur lesquelles on visse un double écrou.

Ces poulies pèsent 310 kilogrammes environ et leur diamètre utile est de 1^{m},200.

Quand la poulie ne sert qu'à infléchir la chaîne et n'a pas besoin d'une grande adhérence, on lui donne, sur tout son pourtour, la forme que montre la fig. 3, pl. 69. Ces poulies sont folles ou calées sur l'arbre suivant le cas. Les poulies à gorge simple pèsent 380 kilogrammes pour la chaîne de 25 millimètres et 300 kilogrammes pour la chaîne de 18. L'une et l'autre donnent aux brins de chaîne un écartement de 1^{m},200 d'axe en axe.

§ 4. *Galets.* — Au voisinage des poulies, des galets à axe horizontal servent à relever la chaîne un peu au-dessus de son niveau général et à la tenir à la hauteur de la poulie.

C'est cette surélévation qui permet le décrochage et l'accrochage des berlines. Il est important que le point où la chaîne se présente à la hauteur des fourches des berlines ne soit pas trop éloigné de l'axe de la station, afin que les berlines n'aient pas un parcours libre de grande longueur et qu'un seul ouvrier puisse surveiller tous les mouvements des wagonnets dans la station.

Pour obtenir ce résultat, la chaîne ne doit être surélevée que le moins possible. Aussi n'a-t-on donné aux galets, sous lesquels les fourches des berlines doivent passer librement, qu'un diamètre de 130 millimètres. De plus, on a formé chaque galet de deux tourteaux en acier de 75 millimètres de longueur calés sur un arbre de 35 millimètres et laissant entre eux un intervalle de 29 millimètres. C'est dans cette rainure que se placent les maillons verticaux de la chaîne pendant que les maillons horizontaux reposent sur les tourteaux et font tourner le galet. Les tourteaux peuvent se retourner bout pour bout après usure. Les axes des galets tournent dans des bagues de bronze.

Parmi les galets, ceux qui supportent le brin de chaîne qui sort de la poulie, sont installés dans des montures formées d'une plaque en Bessemer doux de 20 millimètres d'épaisseur qui se boulonne sur les charpentes à travers deux fenêtres permettant le réglage de la hauteur du galet. Ceux qui reçoivent le brin entrant sont en général établis sur

les barres à décrocher. Ces barres sont en fer méplat de 75 millimètres sur 18 millimètres.

La fourche des berlines passe entre les deux barres et, dans le cas exceptionnel où la berline ne se serait pas détachée spontanément de la chaîne, le plan incliné sous lequel vient buter le dessus de la caisse du wagonnet décrocherait violemment celui-ci. Les barres à décrocher, comme les autres montures de galets se règlent en hauteur à l'aide de fenêtres percées dans les parties verticales qui s'appliquent contre les pièces de bois.

Au puits E, la dénivellation des chaînes est produite par deux grands galets ou roues à gorge de $0^{m},500$ de diamètre sur lesquels s'appuient les chaînes au niveau supérieur et par deux roues semblables sous lesquelles elles s'engagent au niveau inférieur (V. fig. 1 pl. 68).

§ 5. *Freins.* — Les roues de frein sont calées sur les arbres des stations A, B, C et D, au-dessus des poutres armées sur lesquelles sont boulonnés les paliers verticaux. Ces roues de $1^{m},360$ de diamètre (V. fig. 4, 5 et 6, pl. 69) ont une jante légèrement concave et tournée de façon que les sabots du frein s'y appliquent bien exactement.

Les freins sont à bande et du système appelé quelquefois frein de grue. La bande est en acier méplat de 60 millimètres sur 12 millimètres; les sabots, en orme ont 90 millimètres de hauteur.

A chaque extrémité de la bande est rivée une vis de 45 millimètres de diamètre qu'une chape à double écrou permet de rappeler, au fur et à mesure de l'usure des sabots, par rapport à une seconde vis dont l'autre bout s'articule sur le levier de manœuvre.

Les deux bras de levier qui agissent sur la bande sont très petits et le levier très grand, de sorte qu'il suffit d'une force modérée pour obtenir un serrage très énergique.

La position des freins abandonnés à eux-mêmes, est le serrage. Il est produit par un poids suspendu qui tire l'extrémité du levier à l'aide d'un renvoi de poulie. Pour diminuer à volonté le serrage ou le supprimer tout à fait, il suffit de relever le poids à l'aide d'un petit treuil à main placé à la main de l'ouvrier. En laissant le treuil arrêté par son cliquet, on peut entretenir pendant quelque temps un serrage déterminé.

§ 6. *Régulateur de vitesse.* — Les freins sont nécessaires pour arrêter ou mettre en marche le système, mais ils ne conviendraient pas pour en régler la vitesse. Il ne serait pas sans inconvénient de les tenir constamment assez serrés pour user par frottement un travail qui dépasse en un point 12 chevaux-vapeur pour la vitesse normale de un mètre.

Aussi a-t-on eu recours pour cet objet, à l'exemple des mineurs de Styrie et de Carinthie, à des régulateurs à palettes.

L'arbre des régulateurs est horizontal, il tourne six fois plus vite que l'arbre de la station, soit, à une centaine de tours par minute. La transmission du mouvement se fait à l'aide d'une grande roue d'engrenage conique fondue avec la roue de frein et d'un pignon calé à l'extrémité de l'arbre des palettes (fig. 5, pl. 69).

L'arbre reçoit sur des parties carrées de 80 millimètres de côté, huit bras en fer méplat de 100 millimètres sur 25 millimètres qui enserrent des planches de 30 millimètres d'épaisseur formant les quatre palettes.

Ces planches, qui ont 1^{m},200 de long, sont éclissées en haut et en bas entre les paires de bras distantes de 0^{m},900 d'axe en axe. On enlève ou on ajoute à volonté des planches pour réaliser la vitesse de marche qu'on désire. Pour changer cette vitesse sans arrêter le fonctionnement il suffit de serrer ou de desserrer légèrement le frein.

Tout le matériel des stations, décrit dans les § 3, 4, 5 et 6, excepté les roues à empreintes, a été bien exécuté par MM. Heintzmann et Dreyer de Bochum (Westphalie).

CHAPITRE X

Dépense de construction et d'exploitation. Fonctionnement.

Le coût de l'établissement du chemin de fer à chaîne flottante de Dicido a été de 325,000 francs. Mais si l'on considère que les rails employés sont d'un gabarit beaucoup trop fort et aussi que l'ensemble même du chemin de fer a été largement exécuté, on peut affirmer, sans crainte de se tromper, qu'un semblable chemin de fer peut facilement être établi pour le prix maximum de 300,000 francs; soit donc au plus, 100,000 francs par kilomètre.

Le chemin de fer, mis en marche au commencement de mars 1883, a transporté pendant le premier mois de fonctionnement, 4,300 tonnes de minerai malgré plusieurs jours de chômage dus aux intempéries et aux fêtes de Pâques. Le 12 avril, 521 tonnes ont été transportées au rivage par la chaîne flottante.

Depuis ce temps, la marche du système n'a subi aucune interruption. Les conditions de l'exploitation et de l'embarquement ont seules limité jusqu'ici l'importance des transports. Le tonnage journalier porté de la mine aux estacades de la baie de Dicido est en moyenne de 300 tonnes.

Avec ce débit encore faible, le prix moyen du transport de la tonne est de 0 fr. 63, y compris les dépenses d'entretien de la voie et du matériel et aussi l'intérêt et l'amortissement du capital engagé et des dépenses de premier établissement.

Ce prix, qui est déjà satisfaisant, s'abaissera le jour où le développement du travail dans les carrières et l'amélioration du mode d'embarquement qui sont à l'étude en ce moment, permettront au chemin de fer de transporter 500 tonnes et plus chaque jour.

RÉSUMÉ

M. W. J. Hollway, qui dirige la mine de Dicido et réside sur place, a eu l'idée de remplacer par une chaîne flottante le tramway aérien qui desservait la mine

Dès qu'une visite attentive des lieux nous eut permis d'affirmer la possibilité de l'entreprise, M. Hollway et M. l'ingénieur George Lee, se sont consacrés, avec une ardeur et une énergie qui ne se sont pas démenties un instant, à la réussite du projet.

La montagne était abrupte, la carrière fort allongée devait être pourvue de nombreuses stations de départ, la route royale était malaisée à traverser, le rivage de la mer difficilement accessible ; il fallait arriver vite pour n'avoir pas à remplacer le câble aérien qui s'usait et on ne voulait pas de travaux d'art ou de fortes tranchées à la roche qui auraient exigé beaucoup de temps et beaucoup d'argent.

Au milieu de ces difficultés, la ferme volonté de M. Hollway, la grande expérience de M. Lee ont assuré le succès.

Nous avons établi sur les plans nivelés qui nous étaient envoyés, le tracé et le profil du chemin de fer, nous avons combiné le sectionnement et les stations, étudié et fait construire le matériel.

Nous avons été grandement aidé dans cette tâche par M. Porte, ancien élève de l'École des Arts et Métiers de Châlons, qui était déjà notre collaborateur pour l'établissement de la chaîne flottante d'Aïn-Sedma.

Ces chemins de fer spéciaux, dont le Lancashire montre les premiers modèles, permettent, comme on le voit, avec une dépense d'établissement modérée, d'assurer le transport régulier et économique de masses importantes sur d'assez grandes longueurs dans des pays très accidentés. Les ressources infinies de ce système ne sont pas encore généralement connues, la chaîne flottante peut rendre les plus grands services pour l'exploitation des mines et des carrières et pour l'exécution rapide et économique des grands travaux publics.

NOTE

SUR

LA CONSTRUCTION ET L'EXPLOITATION

DES

CHEMINS DE FER ALPINS[1]

REMIS PAR M. **DESBRIÈRE.**

L'Italie, bien qu'étant une des plus intéressantes contrées de l'Europe des plus riches en souvenirs historiques et des plus belles, est restée jusqu'à ces derniers temps la plus isolée et la plus difficilement accessible par terre. Cela tient à ce qu'elle est séparée du reste de l'Europe par la barrière presque infranchissable des Alpes, qui s'étendent en formant une ligne continue sur une distance de 500 milles (804 kil.) de la Méditerranée à l'Adriatique. Le premier chemin de fer transalpin ne date que de quatorze ans.

En 1868, deux lignes furent ouvertes simultanément : l'une passant au col du Brenner à une altitude de 4,475 pieds (1,363 m.) et l'autre, au col du mont Cenis à 6,907 pieds (2,105 m.) au-dessus du niveau de la mer.

Il existe actuellement *trois lignes alpines :* le chemin du tunnel du mont Cenis, celui du Saint-Gothard, celui du Brenner. La ligne qui passait au col du mont Cenis a desservi pendant trois ou quatre ans le trafic

1. Lu, le 20 septembre 1883, à la séance de la *Section Mécanique de l'Association Britannique*, sous la présidence de M. J. Brunlees (Président de la Société des Ingénieurs civils de Londres), par M. John B. Fell.

français et italien et transporté la malle rapide de l'Inde de Saint-Michel à Suze jusqu'à l'achèvement du tunnel qui eut lieu en 1871.

Les chemins du mont Cenis et du Saint-Gothard ont été construits avec de longs tunnels de faîte et des pentes ordinaires : 1/30 au mont Cenis et 1/40 au Saint-Gothard au maximum.

La ligne du Brenner est en pentes analogues mais sans tunnel. La ligne de faîte du mont Cenis, celle qui passait au col, n'avait pas nécessité de tunnel, mais les pentes étaient exceptionnellement raides : 1/12. L'emploi du système *à rail central* seul permettait de les gravir.

L'ouverture à l'exploitation du Saint-Gothard date déjà d'environ douze mois, mais comme la ligne du mont Cenis fonctionne d'une manière satisfaisante depuis plus de douze ans, elle constitue le meilleur exemple que l'on puisse prendre pour étudier à la fois la construction et l'exploitation des chemins transalpins établis dans le système *du grand tunnel de faîte*.

La longueur de la ligne de Saint-Michel (France) à Bussoleno (Italie) est 78 kilomètres. L'altitude des deux stations extrêmes est respectivement de 760 mètres et de 441 mètres au-dessus du niveau de la mer. L'altitude maximum est de 1,338 mètres, la différence de niveau moyenne de 738 mètres (2,420 p. angl.), la pente moyenne de 1/53.

Les travaux de percement du grand tunnel furent commencés en 1857, l'ouverture à l'exploitation est de 1871 ; la construction avait donc demandé quatorze années.

Le coût d'établissement du chemin de fer atteignit 133 millions de francs, en y comprenant l'intérêt servi pendant la construction. C'est donc 1,712,820 francs par kilomètre ou £ 109,729 par mille.

Le tableau suivant des recettes et dépenses d'exploitation a été pris dans les relevés officiels de la Compagnie des chemins de fer de la haute Italie pour l'année 1880.

Recettes pour les 40 kilomètres portion italienne de la ligne.

Voyageurs	672,786	francs
Marchandises	1,243,981	—
Divers.	32,078	—
Total des recettes brutes. . .	1,948,841	—
Dépenses d'exploitation.	1,360,011	—
Revenu net.	588,834	—

Le revenu kilométrique net pour les 49 kilomètres de Bussoleno à la frontière française est ainsi de 12,000 francs, ce qui donne une recette totale de 936,000 francs pour la ligne entière, 78 kilomètres de Saint-Michel à Bussoleno.

Le capital de 133 millions employé à la construction de la ligne du mont Cenis a été obtenu au moyen d'emprunts garantis par les gouvernements. L'intérêt annuel de ce capital, au taux de 5 pour 100, monte à 6,650,000 francs. Les recettes du chemin fer ne produisant que 936,600 francs, il reste donc un déficit de 5,714,000 francs (£ 228,560) par an, à la charge des garanties données par les gouvernements français et italien.

Bien que la ligne du Saint-Gothard n'ait été ouverte au trafic qu'en juin 1882, les comptes des recettes et dépenses d'exploitation ont été publiés, et comme le transit sur cette ligne a été considéré comme très satisfaisant, il est intéressant de voir jusqu'à quel point les recettes de la ligne ont été suffisantes pour payer les dépenses d'exploitation et l'intérêt du capital employé.

La longueur de la ligne du Saint-Gothard de Lucerne à Chiasso est de 232 kilomètres (143 mil.); le coût d'après M. Hellewag, l'ingénieur de la Compagnie, est de 289 millions de francs ou £ 11,360,000 à raison de £ 80,839 par mille ou 1,255,833 francs par kilomètre.

Déduction faites des dépenses d'exploitation, il reste pour payer l'intérêt du capital, un revenu net de 5,425,248 francs. L'intérêt à 5 pour 100 d'un capital de 289 millions de francs étant de 14,450,000 francs par an, le déficit est donc de 9,024,752 francs ou £ 360,990 chaque année.

Les résultats réunis de l'exploitation des tunnels du mont Cenis et du Saint-Gothard donnent donc une perte de £ 589,550 (14,738,750 fr.) représentant un capital de £ 11,791,000 (294,775,000 fr.) rendu improductif par ces deux grandes entreprises.

Cette énorme perte est supportée par les gouvernements français et italien, conjointement avec les Compagnies de chemins de fer qui bénéficient du transit fourni par le mont Cenis et le Saint-Gothard. La dépense considérable de ces deux chemins transalpins, 422 millions de francs (£ 16,880,009), est sans aucun doute amplement justifiée, si l'on considère leurs avantages non seulement commerciaux, mais encore stratégiques et politiques.

Si l'on établit une distinction entre la valeur commerciale de ces deux

lignes et leur valeur nationale et politique, en déterminant la première par leur revenu net annuel de 6,447,240 fr. capitalisé à 5 pour 100, on trouve que la valeur commerciale est de £ 5,088,898 (127;222,450 fr.) et que celle qui est due à des raisons nationales et politiques, est de £ 11,791,202 (294,780,050 fr.).

L'achèvement de ces deux grandes lignes alpines et les immenses avantages qu'elles ont procurés à tout le sud-ouest de l'Europe ont soulevé la question très importante, de savoir s'il est possible de faire de nouveaux chemins transalpins, lesquels, bien que devant être d'importance secondaire, répondent cependant à des besoins urgents pour les intérêts locaux et commerciaux des contrées situées de l'un et l'autre côté des Alpes.

Sur une longueur de 400 milles (640 kil.) du Brenner à la Méditerranée, la barrière des Alpes est aujourd'hui traversée en deux endroits. Les motifs qui ont conduit les gouvernements intéressés à faire de si lourds sacrifices pour obtenir ces deux grandes voies de communication par rail, n'existent plus au même degré; de sorte que d'aussi énormes subventions ne seront probablement plus jamais données. Ainsi donc, si d'autres chemins transalpins sont établis, on devra forcément employer pour leur construction des méthodes moins coûteuses. Pour atteindre ce but, deux procédés ont été proposés. L'un consiste à renoncer absolument pour l'avenir aux longs tunnels et à employer le système des chemins de fer à pentes raides pour traverser les cols, l'autre à avoir un court tunnel de faîte dont les approches seront établies, soit en voie à rail central, soit en voie ordinaire suivant les circonstances locales et le capital disponible.

Du Saint-Gothard au mont Cenis, les Alpes présentent encore une barrière continue de 150 milles (240 kil.), il en est de même pour la distance de 100 milles (161 kil.) comprise du mont Cenis à la Méditerranée. Dans le premier intervalle, on a proposé un chemin de fer sur l'une des routes suivantes : le Simplon, le Grand Saint-Bernard, le mont Blanc. De ces trois lignes, celle du Grand Saint-Bernard est la plus centrale et celle qui a le plus de chance d'être construite.

Entre le mont Cenis et la Méditerranée, on projette deux voies ferrées : l'une par le col de Tende, l'autre par le mont Genèvre, d'Oulx à Briançon. Le but de la seconde étant de mettre Turin et tout le nord de l'Italie en communication directe avec le sud et l'est de la France

et avec le port de Marseille. Ce projet important peut être réalisé par la construction d'un chemin de fer de montagne d'une longueur à peine supérieure à 20 milles (32 kil.) et d'un prix d'environ 16 millions de francs (£ 640,000).

Le projet d'un chemin de fer d'Oulx à Briançon est poursuivi sous les auspices de la municipalité et de la province de Turin, et, comme exemple de ligne de faîte transalpine, il est considéré comme donnant une solution de l'important et difficile problème de la construction des chemins de fer dans les Alpes, d'autant plus qu'il est destiné à satisfaire à la fois aux exigences d'un service international, dans des conditions équivalentes à tous égards, à celles remplies par les tunnels du mont Cenis et du Saint-Gothard, et à procurer une réduction d'au moins la moitié du prix par kilomètre de voie ferrée.

Le chemin de fer sera construit comme celui de faîte du mont Cenis, d'après le *système à rail central*, mais avec la voie de 1^{m},45, des pentes de 1/15 au lieu de 1/12, et des courbes de 10 chains (200 m.) au lieu de 2 chains (40 m.) de rayon, de sorte que les trains puissent passer de France en Italie sans rompre charge. La voie sera protégée contre les avalanches et les accumulations de neige par le moyen de tunnels artificiels et de parties couvertes, de telle sorte que la régularité du service sera assurée en toute saison. La cote maximum du col est de 6,061 pieds (1,857 m.) et si l'on capitalise et qu'on ajoute au prix de construction les dépenses exceptionnelles de l'exploitation à cette altitude si élevée, comparée à celle d'un tunnel, le prix n'atteindra pas la moitié de celui d'un chemin de fer en tunnel.

Avec des *machines à rail central*, du poids de celles qui fonctionnent actuellement sur la ligne du tunnel du mont Cenis, les trains traverseront le col du mont Genèvre par des pentes de 1/15 en portant le même poids utile que ceux qui passent au mont Cenis avec des pentes de 1/30. Le passage de la montagne durera moins de deux heures, et il n'y aura aucune difficulté à faire circuler autant de trains par jour sur cette ligne que sur celle du mont Cenis. La construction de la ligne de Oulx à Briançon, 24 kilomètres, diminuera de près de 100 milles (161 kil.) la distance par voie de fer entre Turin et les départements du sud-est de la France, et il y a tout lieu de croire que l'emploi de ce moyen perfectionné de communication sera une riche source de progrès pour le commerce et la prospérité de ces deux parties des deux pays que séparent aujourd'hui les Alpes cottiennes.

La ligne du col de Tende, dont les travaux sont près d'être commencés, sera établie, avec un court tunnel de faîte, par un col relativement facile. Le prix sera de 38 millions de francs, ce sera une excellente route pour les voyageurs qui se rendent de Nice au nord de l'Italie.

Le prix des trois lignes en tunnels, proposées pour effectuer le passage des Alpes, du nord-ouest du mont Cenis au Saint-Gothard, serait, pour chaque ligne, de 30 à 100 millions de francs. Le prix d'un chemin de fer de faîte par le col du Grand Saint-Bernard, d'Aoste à Martigny, en y ajoutant les dépenses extraordinaires d'exploitation capitalisées, ne serait que de 30 millions pour 60 kilomètres. Ce chemin fournirait la route la plus directe de Rome, Gênes et Turin, au lac de Genève, Neufchâtel, Dijon et Paris.

D'après l'exposé précédent des faits relatifs à la construction et à l'exploitation des chemins de fer dans les Alpes, il est évident, que les lignes avec grands tunnels, ne sont possibles que grâce à de grandes garanties et subventions des gouvernements, et que ces subventions doivent, dans chaque cas, monter au moins au double de la valeur commerciale d'un chemin de fer transalpin.

Les trois lignes actuellement existantes, qui traversent les Alpes, ont satisfait d'une façon complète à toutes les exigences de la politique et de la stratégie. Pour justifier et déterminer la dépense que nécessiterait l'ouverture de nouvelles lignes ferrées transalpines, on ne consultera probablement plus que leur valeur commerciale et locale, en laissant de côté toute considération politique ou d'importance nationale.

Si ce fait se vérifie, il est probable qu'on ne percera plus de nouveaux tunnels à travers les Alpes, à cause de la valeur énorme du capital que leur construction rendrait improductif et aussi par suite de la possibilité qu'il y a d'employer des méthodes de construction beaucoup moins coûteuses et aussi bonnes comme résultats : soit par l'emploi de pentes raides combinées avec un petit tunnel de faîte, soit en faisant passer les chemins de fer transalpins par-dessus les cols, procédé qui est employé pour la traversée des montagnes Rocheuses et qui l'a été au chemin de fer de faîte au mont Cenis.

La comparaison des avantages relatifs des tunnels et des chemins de faîte dans les Alpes, outre qu'elle révèle l'avantage tout en faveur des seconds, d'obtenir une immense économie dans la construction, soulève encore deux questions importantes : leurs capacités respectives

pour desservir le trafic, et la différence entre leurs frais d'exploitation.

Pour ce qui est de la quantité de trafic qui peut être desservi par les lignes construites dans ces deux méthodes, il n'y a pratiquement aucune différence, pourvu que la largeur de voie soit la même dans les deux cas. La plus grande puissance de traction d'une machine à rail central, comparée à une machine ordinaire de même poids, lui permet de remorquer, sur une rampe de 1/15, un train qu'une machine ordinaire remorquerait sur la rampe à 1/30. C'est ce que prouve le poids des trains transportés sur la ligne de Wellington à Masterton dans la Nouvelle-Zélande, et qui dépasse de près de 5 pour 100 celui de la locomotive, tandis que le poids des trains de la ligne du mont Cenis, entre Oulx et Bussoleno, est un peu inférieur à cette proportion. Les machines à rail central employées en Nouvelle-Zélande, dont le poids est de 72 tonnes pour la paire, traînent en effet, un train de 120 tonnes, sur des pentes de 1/15, tandis que, au mont Cenis, la charge collective de 8 machines, pesant ensemble 532 tonnes, est de 748 tonnes, c'est-à-dire qu'elle dépasse de moins de 50 pour 100 le poids des locomotives; et par suite de récentes améliorations, la puissance de traction des locomotives à rail central s'est accrue considérablement par rapport à leur poids.

Il n'y aurait aucune difficulté à faire passer par un chemin de fer de faîte, par exemple, celui d'Oulx à Briançon, autant de trains qu'il en passe aujourd'hui au mont Cenis, ou un aussi grand nombre que le demanderont les exigences du commerce. Ces trains étant de poids égaux, leur faculté de transport serait la même pour tous les besoins.

Quelques personnes ont supposé que l'excès des dépenses d'exploitation d'une ligne de faîte, sur celles d'une ligne en tunnel, si on le capitalisait, absorberait toute l'économie réalisée sur le prix de construction : ceci est très loin d'être vrai.

Prenons pour exemple la ligne d'Oulx à Briançon, avec un tunnel moitié plus court que celui du Saint-Gothard, en estimant le coût du tunnel au prix très bas de 3,500 francs par mètre de sa longueur, il reviendrait à 40 millions de francs, tandis que le chemin de faîte peut être construit pour 16 millions. Les dépenses exceptionnelles d'exploitation capitalisées pour un trafic de 100,000 voyageurs et 100,000 tonnes de marchandises par an, en fixant le prix de traction au taux extraordinaire de 25 centimes par cheval et par heure, ne dépasseraient pas 3 millions. La construction et l'exploitation exceptionnelle coûteraient

donc ensemble 19 millions ; il y a, par conséquent, une économie nette de 21 millions, pour le chemin de fer de faîte, construit d'après le système des pentes raides et du rail central. Dans le cas du Grand Saint-Bernard, l'économie monterait à 50 ou 60 millions de francs.

Le résultat de l'expérience acquise pendant les vingt-cinq dernières années, amène donc à la conclusion suivante : la méthode de construire les chemins de fer transalpins au moyen de longs tunnels, qui ne payent pas les dépenses qu'ils exigent est du domaine du passé. L'avenir appartient au meilleur système que l'on pourra imaginer pour surmonter les difficultés des chemins de fer transalpins, plutôt par une addition à la puissance des locomotives et par des moyens mécaniques, permettant de réduire les dépenses de traction sur des pentes raides, et ces méthodes sont susceptibles de perfectionnements indéfinis, plutôt qu'en enfouissant dans de gigantesques tunnels d'énormes capitaux improductifs, et qui, une fois dépensés, sont irrévocablement perdus.

CHRONIQUE

SOMMAIRE. — Constructions en fer et béton. — Des divers modes de transmission de force à distance. — Cales de halage pour navires. — Locomotives américaines pour voie étroite. — Tunnel de l'Arlberg. — Le pont de Brooklyn. — Les abris pour la neige sur le chemin de fer du Pacifique.

Constructions en fer et béton. — M. W. E. Ward a donné, dans les publications de l'*American Society of Mechanical Engineers*, un mémoire sur l'emploi, dans les constructions, du fer et du béton combinés. Le but est de réaliser, en même temps que l'incombustibilité du bâtiment, une économie par l'accroissement de résistance des matériaux.

L'auteur dit que son attention a été attirée sur ce sujet par la difficulté qu'on éprouve à détacher le ciment des outils dont on se sert pour le mettre en œuvre; l'adhérence est telle que la rupture se produit plutôt dans le ciment lui-même qu'entre cette substance et le métal.

On sait que le fer résiste mal lorsqu'il est exposé à un feu violent, et la déformation qu'il éprouve entraîne souvent la ruine des édifices, tandisque, lorsqu'il est protégé par des matières non conductrices, sa résistance n'est pas sensiblement diminuée.

On a construit, il y a quelques années, à Port-Chester, dans l'État de New-York, une maison d'habitation entièrement en béton et fer, savoir : murs extérieurs et cloisons intérieures, corniches, planchers et toiture, balcons, escaliers, colonnes, etc.

La composition du béton a varié selon les parties, mais il a toujours été formé de ciment de Portland de la meilleure qualité, de sable de rivière lavé et de pierre bleue cassée.

Pour les gros murs on a pris une partie de ciment pour quatre de sable et gravier fin, le tout bien mélangé et mouillé seulement d'assez d'eau pour lui donner la consistance du sable de fonderie bien préparé.

On a trouvé avantage à se servir de pierre calcaire broyée assez fin parce qu'on économise le ciment par la réduction des vides, et les essais ont prouvé qu'on obtenait ainsi une plus grande résistance. En brisant des briquettes d'essais faites avec la même composition de béton, mais les unes avec des pierres de petites dimensions et les autres avec des pierres trois ou quatre fois plus grosses, on a constaté que, dans le premier cas, la rupture se faisait dans les pierres mêmes, tandis que, dans le second cas, il se produisait une séparation entre la pierre et le mortier.

Pour les planchers et les voûtes, la proportion était de un de ciment pour

deux de sable et de gravier. On se servait dans la construction de ces planchers de fers à double T, et on a procédé à cet effet à des expériences qu'il est intéressant de rapporter. On a pris un fer à double T d'un modèle léger, de 10 centimètres de hauteur et de 3m,66 de longueur, pesant 15 kilogrammes par mètre courant et pouvant supporter avec sécurité une charge de 520 kilogrammes. On a établi un moule en planches de 0m,30 de profondeur, 0m,125 de largeur et de la longueur de la poutrelle; on a placé au fond une couche de béton de 25 millimètres d'épaisseur sur laquelle le fer a été posé de champ à égale distance des deux bords; on a rempli le moule de béton suffisamment comprimé jusqu'à la partie supérieure. On voit que le fer a été disposé de manière à avoir plus de béton en dessus qu'en dessous; c'est dans le but d'utiliser sa résistance à la traction dans le travail à la flexion de l'ensemble, tandis que le béton travaille à la compression. On a laissé durcir la pièce pendant trente jours, puis on l'a soumise aux essais. Elle a supporté au centre une charge de 4,300 kilogrammes en prenant une flèche de 10 millimètres, mais sans présenter aucune trace de rupture; la charge enlevée, la flèche a entièrement disparu, ce qui montre que la combinaison du fer et du béton réunit l'élasticité à une résistance bien plus considérable que celle des éléments séparés. On pourrait probablement substituer avec avantage à la forme en double T celle en T simple renversé.

Les poutres composites des planchers ont été moulées sur place de la même manière que la poutre d'expérience, et lorsqu'elles ont été suffisamment durcies on a placé des planches à la partie inférieure et l'intervalle des poutres a été rempli de béton de manière à achever le plancher. Dans la partie qui dépassait le niveau supérieur des poutres on noyait des barres de fer rond, disposées en long et en travers et écartées les unes des autres de 20 centimètres, pour rendre le tout bien solidaire. La plus grande portée était de 5m,75. On peut citer comme particularité intéressante qu'on a ménagé dans l'épaisseur des murs et des planchers des conduits pour y faire circuler de l'air chaud en vue du chauffage de l'habitation. Il a été exécuté de la manière qui vient d'être indiquée plus de 1,200 mètres carrés de plancher.

Pour faire un essai de résistance de ce genre de construction on a, sur une partie où les poutres avaient 5m,50 de portée et étaient écartées de 1m,80 de centre en centre, placé des tonneaux de plâtre de manière à faire une charge de 30 tonnes sur la poutre, celle-ci avait 0m,175 sur 0m,40 de hauteur avec 5m,50 de portée et contenait à la partie inférieure un fer à double T de 0m,175, pesant 27.5 kilogrammes au mètre; il n'y a eu ni signe de rupture, ni flèche permanente.

On a également fait des expériences pour constater la résistance des cloisons; on a trouvé que des cloisons de 2m,50 de hauteur en béton de 0m,065 d'épaisseur contenant des tiges de fer rond de 6 millimètres de diamètre avaient la même résistance que des murs en briques de la même hauteur, et de 0m,20 d'épaisseur.

L'auteur serait disposé à conseiller de faire les murs des maisons d'habitation avec deux cloisons minces séparées par un intervalle de 0m,20 à 0m,25, avec des liaisons tous les 0m,60 à 0m,70; ces murs pourraient avoir de 9 à 12 mètres de hauteur et ne coûteraient pas plus cher que les murs en briques, tout en présentant de grands avantages de résistance et de non-conductibilité.

Le système de construction en béton et fer peut être employé pour des travaux d'art, et l'auteur est d'avis que ce serait le moyen le meilleur et le plus économique de donner la stabilité suffisante à la colossale statue de la Liberté qui doit être érigée sur l'îlot de Bedloe, dans la baie de New-York; on sait que cette question n'est pas sans présenter quelque difficulté.

Ce mode de construction a été appliqué pour des fondations de machines et pour de grands réservoirs.

On a vu plus haut qu'il avait été ménagé dans les murs et les planchers de la maison d'habitation en question des conduits pour circulation d'air chaud. Ces conduits sont tous en communication avec une chambre de chauffe, placée au centre des caves et mesurant 3m,30 sur 4m,80, avec 2m,50 de hauteur. Cette chambre contient un poêle en fonte pouvant brûler 150 kilogrammes de charbon par jour. L'air chaud monte dans les murs, circule dans les planchers, et, lorsqu'il est refroidi, redescend par des tuyaux en fonte à la chambre de chauffe où il se réchauffe de nouveau. C'est donc un chauffage à circulation continue d'air. Il y a environ 325 mètres carrés de planchers et de murs pour chauffer un volume de 1,400 mètres cubes; le volume de la chambre de chauffe est de 35 mètres cubes, de sorte qu'un mètre cube suffit pour en chauffer 40. On obtient par ce système une température extrêmement régulière, uniforme et constante, et c'est plus simple, sinon plus économique, que les chauffages à vapeur ou à eau chaude.

Il a été fait également des expériences curieuses pour constater la résistance du béton à la chaleur. Des briques ont été préparées avec la même composition que les murs de la maison dont il a été question; on les a soumises à la chaleur dans diverses conditions, et elles ont résisté, soit à la chaleur appliquée brusquement, soit à un chauffage progressif, et cela jusqu'à la chaleur blanche. On a même pu en chauffer quelques-unes au rouge puis les immerger dans l'eau froide sans les désagréger ou même les briser, et la détérioration ne s'est produite qu'à la troisième répétition de ces opérations.

L'auteur conclut de ces divers faits que l'emploi du béton combiné avec le fer réunit pour la construction, notamment pour les maisons d'habitation, les avantages de : 1° la résistance, 2° l'économie, 3° l'incombustibilité, 4° la facilité d'établissement d'un chauffage régulier et uniforme, et 5° la possibilité d'établir des dispositions efficaces de ventilation. Aux États-Unis, la question d'incombustibilité est de premier ordre, car, en dehors des pertes matérielles qui en sont la conséquence, les incendies entraînent tous les ans la mort d'un grand nombre de personnes.

Des divers modes de transmission de force à distance. – Nous avons annoncé dans la Chronique de février, page 253, que la ville de Genève avait ouvert un concours pour un projet d'utilisation de la force motrice du Rhône. Des projets ont été présentés par divers constructeurs: MM. John Turnbull, de Glasgow, J.-J. Rieter et Cie, de Winterthur, Th. Bell et Cie, de Kriens, près Lucerne, et Escher, Wyss et Cie, de Zurich. Le jury d'examen était formé de notre collègue, M. G. Bridel, directeur du *Jura-Berne-Lucerne*, de M. E. Meunier, ingénieur civil, et de M. Veith, professeur à École polytechnique de Zurich. Ces messieurs ont conclu que les prix proposés par le programme devaient être décernés : le premier à MM. Escher, Wyss et Cie, le second à MM. Th. Bell et Cie, et le troisième à MM. Rieter et Cie. Les experts, pour satisfaire au désir exprimé par les ingénieurs de la ville, ont exposé dans une note annexée à leur rapport les bases d'un projet qui s'inspire des meilleures dispositions présentées au concours et qui leur semble devoir fournir la solution de la question.

Il serait difficile de rendre suffisamment intelligible un résumé du rapport des experts sans l'aide de figures représentant les divers projets; d'ailleurs, l'étude de cette question fera vraisemblablement l'objet d'une communication à la Société sous forme d'un compte rendu des importantes publications faites sur ce sujet par la section des travaux de la ville de Genève, et qui ont été adressées à la Société par nos collègues, MM. Turettini et Merle d'Aubigné.

Nous nous bornerons, pour aujourd'hui, à extraire de ces publications une intéressante discussion sur les divers systèmes de transmission de force motrice à distance contenue dans le rapport présenté à la commission de l'utilisation des forces motrices du Rhône par notre collègue, M. le conseiller administratif Turettini, président de la commission technique.

Des divers modes de transmission, les plus simples et les plus anciens sont les transmissions par courroies, par engrenages et par arbre de couche; ces divers modes ne peuvent être employés que dans les locaux où la force motrice est produite, ou tout au moins qui ne sont éloignés que de quelques 20 mètres de la force motrice. Ce genre de transmission ne pourra donc pas être utilisé pour transmettre la force au dehors du bâtiment des turbines.

Le rapport passe rapidement sur le système de M. Hirn, les câbles télodynamique, avec lequel on peut transmettre les forces à plusieurs kilomètres de distance; ces installations, très simples en apparence, ne laissent pas que de conduire à des dépenses assez importantes à cause de l'établissement des piliers en fer ou en maçonnerie qui portent les poulies.

On a fait de ce système des applications très importantes, entre autres, à Schaffouse, Fribourg, Bellegarde et Zurich. On peut y objecter les frais élevés d'entretien des câbles, les accidents que peuvent entraîner leur rupture, l'impossibilité de mesurer la force distribuée par fractions et la difficulté même de ce fractionnement qui conduirait à de grandes complications.

L'air comprimé comme agent de transmission a reçu de très importantes applications. On sait que c'est notre savant collègue, M. le professeur Colladon qui a eu l'idée de l'employer pour le percement des grands tunnels. La perte de charge étant extrêmement faible, on peut transmettre des forces considérables avec des sections de conduits très modérés. Ce système peut donc être employé avec avantage dans des cas où, comme celui des tunnels, la question du rendement joue un rôle secondaire.

Le rapport estime qu'il n'en est pas de même pour une distribution de force motrice, et que les pertes d'effet utile et les difficultés provenant des congélations produites à l'échappement de la machine secondaire sont une cause grave d'infériorité. Il est vrai que M. Mékarski a employé avec succès le réchauffage de l'air dans le cylindre de détente par de la vapeur, ce qui augmente sensiblement les conditions de rendement et supprime les chances de congélation; mais ce système nécessite l'établissement d'une petite chaudière à vapeur sur chaque point de communication de force, et fait perdre un des principaux avantages de la transmission de force à distance à partir d'une station centrale, avantage qui est de supprimer tout personnel sur le lieu de communication.

Le rapport passe ensuite à un examen sommaire de l'emploi de l'électricité pour la transmission à grande distance, système qui, s'il n'est pas encore arrivé à un point où l'on puisse le déclarer complètement entré dans la pratique industrielle, arrivera, dans un avenir peu lointain, à lutter avec avantage contre ses devanciers.

Le principe en est très simple. Un moteur quelconque, une turbine, par exemple, fait mouvoir une machine dynamo-électrique à courant continu qui produit l'électricité et est appelée machine *génératrice* ou machine *primaire*. Cette électricité est transmise par un double conducteur métallique jusqu'au point où la force doit être restituée.

Là se trouve installée une seconde machine électro-dynamique sensiblement égale à la machine génératrice, laquelle, sous l'action du courant électrique, est entraînée dans un mouvement de rotation. On peut recueillir sur cette seconde machine, appelée machine *réceptrice* ou machine *secondaire*, une partie de la force qui avait été donnée à la machine primaire. La perte de rendement provient de trois causes principales : l'échauffement produit par la résistance de la machine primaire, l'échauffement produit par la résistance du câble et l'échauffement déterminé par la résistance de la machine secondaire.

Ces trois facteurs, auxquels il y a lieu d'ajouter les frottements relativement faibles des deux machines, sont la cause principale de la perte de rendement, qui n'est point à dédaigner, car dans les expériences célèbres de M. Marcel Deprez, à Munich et à la gare du Nord, à Paris, elles ont atteint ensemble 70 pour 100 environ, laissant ainsi un effet utile de 30 pour 100 seulement. Il est juste de reconnaître que M. Marcel Deprez avait exagéré, comme à plaisir, les difficultés de ses expériences en employant des câbles en fer (par conséquent d'une résistance énorme), et en cherchant

à produire une différence de potentiel de plusieurs milliers de volts dans une seule machine, ce qui la rendait excessivement délicate et réduisait dans une proportion considérable le rendement obtenu à cause de l'insuffisance de l'isolation des fils de la machine en présence de différences de tension aussi colossales.

L'électricité peut être employée sans inconvénients au point de vue physiologique, c'est-à-dire au point de vue des accidents de personnes, jusqu'à une tension de 500 volts. On fait aujourd'hui industriellement des machines produisant cette tension avec un rendement de 80 pour 100, soit pour la machine primaire, soit pour la machine secondaire. Le rendement final est donc de 64 pour 100 et, si l'on y ajoute une perte de 10 pour 100 par le câble qui conduit l'électricité d'une machine à l'autre, on obtient un effet utile de 54 pour 100 sur l'arbre moteur de la machine secondaire.

Or, une machine produisant une tension de 500 volts et une quantité de 50 ampères, ce qui correspond en énergie électrique à une force de 2,500 kilogrammètres, soit 33.3 chevaux donnerait à 1 kilomètre de distance, sur l'arbre de la machine secondaire, une force de 23 chevaux, avec un conducteur en cuivre ayant une résistance 0,50 Ohm par kilomètre et coûtant, avec son enveloppe de plomb, 2,500 francs par kilomètre.

Le prix des deux machines et des deux kilomètres de câble (aller et retour) serait, avec la pose, de 15,000 francs, et en comptant un intérêt et amortissement de 15 pour 100 l'an on aurait 65 francs, et avec le graissage et l'entretien 108 francs par an pour la plus-value du prix de revient du cheval effectif pour la transmission à 1 kilomètre d'une force d'environ 20 chevaux.

Dans ces conditions, le moment n'est pas loin où l'on pourra appliquer avec avantage ce mode de transmission à Genève; mais, comme il y a encore un certain imprévu dans la sûreté et la durée du fonctionnement des machines dynamos qui a décidé la commission à attendre les résultats d'expériences de plus longue durée avant de faire une application générale de ce mode de transmission, on s'est arrêté à l'emploi de l'eau sous pression, qui a paru plus sûr et plus simple dans l'espèce.

Ce système présente sur ceux qui ont été précédemment indiqués des avantages sérieux.

Il donne d'abord la possibilité de mesurer exactement la force consommée en chaque point par la mesure de l'eau qui passe dans le moteur de l'abonné, ce qui n'a lieu ni pour la transmission par câbles, ni pour la transmission par l'air comprimé; si, dans la transmission électrique, on peut mesurer la quantité d'électricité passée dans la machine secondaire, ce n'est que par des appareils de mesurage d'invention récente et dont la sûreté d'indication ne peut être mise en comparaison avec celle des compteurs d'eau dont le bon fonctionnement est consacré par des années d'usage.

On peut employer comme moteur des turbines ou des moteurs à pistons. Nous ne reviendrons pas sur la comparaison à faire entre ces deux appa-

reils, qui a été donnée dans un extrait d'un travail de M. Turettini sur les moteurs hydrauliques pour la petite industrie dans la Chronique d'octobre 1881, page 379.

La transmission par eau nécessite des canalisations relativement coûteuses et dont le prix est d'autant plus considérable que l'eau est distribuée sous une plus faible pression, car le frottement de l'eau dans les conduites dépend uniquement de la vitesse et non de la pression à laquelle elle est soumise.

Il ressort de ce fait que la distribution d'eau sous pression est d'autant plus économique qu'elle est opérée sous une plus forte charge; c'est ce qui a conduit à prévoir une canalisation industrielle sous 100 mètres de pression. On n'a pas cru devoir dépasser ce chiffre, parce qu'il est probable qu'un jour où l'autre le réseau hydraulique à haute pression sera complété par l'établissement d'un réservoir sur un des points culminants de la ville, et que le point le plus élevé, à une distance de 4 kilomètres de l'usine future, ne dépassera pas le niveau de 90 mètres au-dessus du lac.

L'établissement des canalisations hydrauliques est plus coûteux que celui d'un câble télo-dynamique, mais, par contre, la perte de charge ou le frottement de l'eau ne varie pas proportionnellement à la section des tuyaux, de sorte que, tandis qu'avec un câble de section double d'un autre la force transmise n'est que quadruple, une canalisation hydraulique d'un diamètre double d'une autre permet de transmettre, à perte de charge égale, une force six fois plus considérable. De plus, alors qu'un câble de section double pèse quatre fois plus que l'autre, la canalisation de section double ne pèse que deux fois et demie le poids de l'autre.

On doit dire, il est vrai, que la transmission par eau perd beaucoup de ses avantages lorsqu'elle doit être faite à un niveau sensiblement supérieur à celui où l'eau est aspirée, car la pression est toujours diminuée de la différence entre la hauteur à laquelle est situé le moteur et la hauteur de l'eau dans le puisard des pompes, et il y a lieu de tenir compte de cet élément dans chaque cas particulier.

Le rapport cite ici quelques chiffres tirés d'un ouvrage tout récemment paru à Berlin et intitulé : *Kritische Vergleichung der electrischen kraftübertragung*, par M. Beringer.

Une force de cinq chevaux produite par une petite machine à vapeur coûte environ 40 centimes par cheval et par heure.

Une force d'une dizaine de chevaux produite par une machine à vapeur de force moyenne coûte 27 centimes par cheval et par heure.

Une force de cinquante chevaux au moins, produite par une grande machine à vapeur, coûte 0 fr. 106 par cheval et par heure.

La manière dont ces chiffres sont obtenus est indiquée dans le tableau ci-contre, dressé suivant les données applicables à la ville de Genève par M. l'ingénieur Merle d'Aubigné.

Prix de revient d'un cheval-vapeur pour différentes forces.

COUT DE PREMIER ÉTABLISSEMENT.	MACHINES			
	DEMI-FIXE HORIZONTALE 10 chevaux.	HORIZONTALE A SOUPAPES 50 chevaux.	HORIZONTALE COMPOUND 150 chevaux.	VERTICALE WOOLF 400 chevaux.
	francs.	francs.	francs.	francs.
Machine, chaudières, tuyauterie, etc.	11.000	35.000	72.000	162.000
Fondations pour la machine, chaudière, cheminée	3.000	8.500	27.000	45.000
Bâtiment du moteur et chaudière	4.000	9.000	18.000	40.000
Total du coût de premier établissement	18.000	52.000	117.000	247.000
Soit par cheval	1.800	1.050	780	617,50
DÉPENSES ANNUELLES. Consommation par cheval et par heure, houille de Saarbruck, à 32 fr. la tonne.	3k	2k	1k,75	1k,50
	francs.	francs.	francs.	francs.
Combustible (300 jours de 12 heures)	3.500	11.000	30.140	69.120
Main-d'œuvre	1.700	2.550	3.400	6.800
Divers, huile, graisse, étoupes	300	450	1.000	2.000
Entretien des machines et bâtiments	750	1.500	2.000	3.300
Intérêt et amortissement. { Bâtiments, 5 pour 100	1.100	3.500	7.200	16.200
Intérêt et amortissement. { Machines et chaudières, 10 pour 100	350	875	2.250	4.250
Assurances, contributions, frais généraux	300	625	1.260	2.230
Total par an	8.000	21.000	47.250	104.000
Soit par cheval	800	420	315	260

Avec un moteur à gaz, le prix de la force dépend essentiellement du gaz.

Pour les villes où le mètre cube coûte 22 centimes, le cheval-heure revie. à 32 centimes (il serait de 40 cent. à Genève) avec un moteur consommant 800 litres par cheval et par heure.

Avec de très grandes machines à vapeur de la meilleure construction, le prix du cheval-heure peut être abaissé à 4 ou 5 centimes.

D'autre part, Beringer indique que le prix d'un cheval-heure pour une transmission de 100 chevaux à 5 kilomètres de distance serait avec une force initiale hydraulique à bon marché :

Pour la transmission par câble télo-dynamique	Fr.	0,029
— par air comprimé.		0,037
— par électricité		0,027
— par eau sous pression		0,045

Nous donnons ci-dessous le tableau des rendements, extrait de Béringer.

Rendement des systèmes de transmission de force pour différentes distances.

LONGUEUR en mètres.	TRANSMISSION électrique.	TRANSMISSION hydraulique.	TRANSMISSION pneumatique.	TRANSMISSION câble télo-dynamique.
m.				
100	0,69	0,50 (0,65)	0,55 (0,60)	0,96
500	0,68	0,50 (0,65)	0,55 (0,60)	0,93
1.000	0,66	0,50 (0,65)	0,55 (0,60)	0,90
5.000	0,60	0,40 (0,55)	0,50 (0,55)	0,60
10.000	0,51	0,35 (0,45)	0,50 (0,55)	0,36
20.000	0,2	0,20 (0,25)	0,40 (0,5[illegible])	0,13

N. B. — Les chiffres entre parenthèses indiquent le rendement pour des forces très grandes à transmettre.

Il ressortirait donc de ces chiffres que la transmission par eau serait la plus coûteuse, néammoins le rapporteur est d'avis que, pour la sûreté de fonctionnement, la commodité du service et la sécurité de l'installation, ce système doit passer en première ligne, lorsqu'il s'agit d'une transmission de force dans l'intérieur même d'une ville. Le fait qu'une distribution d'eau ne sert pas seulement à donner de la force motrice, mais permet aussi de rendre des services de toute espèce à la communauté, soit comme eau

ménagère, soit sous forme d'eau industrielle, soit, enfin, pour tous les services de propreté et d'édilité, donne une telle supériorité à ce mode de transmission qu'il n'y a pas à hésiter à en faire la base de la première installation, tout en se réservant la possibilité d'appliquer, suivant les cas, avec les quelques mille chevaux encore disponibles, tout autre système mieux approprié à certains cas spéciaux.

Cales de halage pour navires. — Les cales de halage ou plans inclinés sont le système le plus ancien qui ait été employé pour la mise à sec des navires et, bien qu'on ait aujourd'hui d'autres moyens, tels que les formes sèches et les docks flottants, ces appareils sont encore souvent employés, parce qu'ils sont simples de manœuvre et économiques d'établissement.

On y a récemment introduit l'emploi de câbles métalliques pour remplacer les lourdes chaînes formées de barres massives qui, pour de grandes cales telles que celle de la Spezzia, n'ont pas moins de $0^m,25$ de diamètre et 3 mètres de longueur. MM. Summers et Day, de Southampton, qui ont réalisé cette amélioration, l'ont introduite d'abord sur une cale de leur chantier en 1879. Cette cale a une inclinaison de 1 sur 24 et une longueur de 190 mètres; le ber a 67 mètres de longueur et pèse 82 tonnes. La machine motrice a deux cylindres de $0^m,25$ de diamètre et $0^m,305$ de course; le changement de sens de la marche s'effectue par des coulisses.

L'arbre moteur porte une vis sans fin, qui engrène avec une roue de 56 dents sur l'arbre de laquelle est un pignon de 15 dents, actionnant une roue de 95 dents, laquelle est solidaire du gros tambour sur lequel s'enroule le câble; ce tambour fait ainsi un tour pour 355 tours de la machine motrice. On a disposé un tambour auxiliaire sur l'arbre intermédiaire pour la manœuvre du ber seul ou pour le halage de petits navires; on gagne ainsi beaucoup de temps, parce que le remontage se fait six fois et un tiers plus vite qu'avec le gros tambour.

Ce perfectionnement très utile n'entraîne aucune complication, et il y a là un avantage considérable sur les cales à traction hydraulique.

Le gros tambour a $1^m,50$ de diamètre et $2^m,20$ de longueur; il porte un câble d'acier de 70 millimètres de diamètre, fabriqué par MM. Bullivant, qui en ont garanti la résistance à 180 tonnes au moins.

On a remonté sur cette cale des navires pesant 1,000 tonnes, ce qui, avec le poids du ber, fait 1,080 tonnes, représentant un effort théorique de traction de 45 tonnes.

MM. Summers et Day ont fait des expériences qui leur ont indiqué que la résistance due au frottement était environ 50 pour 100 de l'effort théorique, ce qui ferait un total de 67 1/2 tonnes; on aurait donc un coefficient de sécurité peu inférieur à 3. Après quatre ans de service, le câble est aussi bon que le premier jour,

La seconde cale de ce système a été établie à Ayr pour des navires de 1,200 tonnes; le ber pèse 150 tonnes; le câble, également fourni par

MM. Bullivant, a 90 millimètres de diamètre et une résistance de 360 tonnes.

On a ensuite modifié dans ce système une petite cale du chantier des constructeurs en remplaçant la chaîne à barres par un câble, et on a pu remonter des navires beaucoup plus forts.

Une innovation heureuse a été l'emploi d'une poulie à la tête du ber pour mouffler à volonté le câble, de sorte qu'il y a deux brins qui travaillent à la fois.

Avec le câble simple on marche à la vitesse de 4 à 6 mètres par minute, suivant le poids du navire, et on peut souvent mettre un navire à sec en 40 minutes.

Avec ce système, la manœuvre n'exige que la moitié ou même le tiers du du temps nécessaire pour les appareils hydrauliques.

Si on emploie la poulie de moufflage à la tête du ber, on double la puissance de l'engin et, si on interpose une seconde poulie mobile, on la triple sans que les efforts augmentent sur le câble ou sur la transmission.

Ainsi l'appareil tel qu'il a été établi peut servir au halage d'un navire de 3,000 tonnes, soit une charge brute de 3,250 tonnes, le ber pesant 250 tonnes. Si l'on ajoute 50 pour 100 pour les frottements, on trouve 4,875 tonnes, sur une pente de 1 à 24, ce qui représente un effort de traction de 203 tonnes. Le câble de 90 millimètres ayant une résistance extrême de 360 tonnes, les deux brins représentent 720 tonnes; le coefficient de sécurité est donc de $\frac{720}{203}$ soit 3. 5 environ. On voit donc qu'avec une seconde poulie mobile on pourrait sans danger hâler un navire de 4,000 tonnes. Si au contraire, la charge est faible, on enlève les poulies mouflées et on fait agir le câble directement, ce qui permet d'opérer très rapidement. Au contraire, avec le système hydraulique la vitesse est toujours la même, quelle que soit la charge à cause du temps perdu pour le retour du piston de la presse et la manœuvre des maillons de la chaîne. Par exemple, si le chemin à parcourir est de 180 mètres et que le piston de la presse hydraulique ait 3 mètres de course, il faudra 60 manœuvres qui, à 3 minutes chacune, demanderont 3 heures et cela pour un petit navire aussi bien que pour un grand. L'emploi des câbles métalliques pour les cales de halage peut donc être considéré comme un progrès sérieux au point de vue de l'économie d'installation et de la rapidité de la manœuvre.

Cependant nous ne pouvons omettre de dire que, dans une discussion qui a eu lieu à l'*Institution of Civil Engineers* sur la question des cales de halage, les partisans du système hydraulique ont fait valoir qu'on obtenait un effort variable par l'emploi de trois presses hydrauliques dont on pouvait faire agir une, deux ou trois suivant l'effort à produire, que le temps nécessaire pour une manœuvre de maillon était de moins d'une minute au lieu de trois et qu'enfin, au moins pour de grands navires, l'emploi des grosses chaînes et des presses hydrauliques présentait une sécurité infiniment plus grande que celui des câbles métalliques.

Locomotive américaine pour voie étroite. — Les ateliers de Baldwin, à Philadelphie avaient envoyé à l'Exposition de chemins de fer à Chicago une locomotive pour voie étroite de dimensions assurément remarquables.

Cette machine est à la voie de 0m,915 (3 pieds anglais) à l'intérieur des rails. Elle a 8 roues couplées et un bissel à un essieu à l'avant. Le foyer destiné à brûler du charbon bitumineux est de grande dimension et passe sur l'essieu d'arrière. Les dispositions générales sont celles des locomotives américaines, cylindres extérieurs avec tiroirs au-dessus, mécanisme de distribution à l'intérieur avec renvoi de mouvement par leviers; la boîte à à fumée est très longue et dépasse de beaucoup la cheminée vers l'avant; le ciel du foyer est plat et rattaché à l'enveloppe cylindrique par des entretoises rayonnantes. Le foyer est en acier, la chaudière en fer et les tubes en fer.

Voici les dimensions principales :

Longueur de la grille	2m,010
Largeur — —	0m,635
Surface	1m,275
Nombres de tubes	138
Diamètre extérieur	0m,050
Longueur	3m,050
Diamètre du corps cylindrique	1m,220
Surface de chauffe directe	6m,97
— — tubulaire	67m,24
— — totale	74m,21
Hauteur de l'axe de la chaudière au-dessus du rail	1m,650
— de la cheminée	3m,790
Pression maxima	9kg,25
Diamètre des cylindres	0m,380
Course des pistons	0m,458
Entre-axe des cylindres	1m,525
Dimensions des lumières d'admission	0m,305 × 0m,032
— — d'échappement	0m,305 × 0m,064
Diamètre des roues motrices	0m,915
— — de support	0m,610
Écartement des essieux accouplés extrêmes	3m,455
— — extrêmes	5m,430
Écartement des essieux extrêmes de la machine et du tender	12m,250
Longueur de la machine et du tender	15m,430
Poids de la machine en service	25,400 kilogr.
Poids adhérent	21,700 —

Le tender séparé est porté par deux trucs ayant chacun quatre roues de 0m,610.

Il contient 5,600 litres d'eau et 2, 700 kilogrammes de charbon.

Il est à remarquer que les roues des deux essieux du milieu de la machine n'ont pas de boudins. Si on calcule l'effort de traction par la formule ordinaire avec le coefficient de 0,65 on trouve 4,340 kilogrammes, ce qui fait exactement un cinquième du poids adhérent, rapport notablement supérieur à ce qu'on prend d'habitude en Europe. Nous avons eu déjà l'occasion de signaler à quel point les Américains comptent sur l'adhérence (voir chronique de mars 1880, page 403).

Tunnel de l'Arlberg. — La rencontre des deux galeries de percement du tunnel de l'Arlberg s'est opérée le 13 novembre à 4 heures de l'après midi, 3 ans et 142 jours après le commencement des travaux. La rencontre s'est faite très exactement en hauteur et en largeur, mais le tunnel s'est trouvé de 3 mètres plus court que la longueur calculée, une erreur dans le même sens s'était déjà produite au Gothard.

Le percement des 10,455 mètres s'est opéré à raison de 9m,20 par jour en moyenne tandis qu'au Gothard il n'avait été que de 5m,50. Au taux d'avancement de l'Arlberg le percement du Gothard n'aurait demandé que 4 ans et 161 jours pour 14,912 mètres et celui du grand tunnel de 20 kilomètres du Simplon n'exigerait que 6 années.

L'achèvement complet du tunnel de l'Arlberg n'aura demandé que 4 ans, c'est-à-dire notablement moins que les prévisions qui fixaient la limite du percement à février 1885 et de l'achèvement en août de la même année (voir compte rendu de la séance du 3 février 1882 page 169).

Le pont de Brooklyn. — Les journaux américains nous apprennent qu'une action a été intenté aux villes de New-York et de Brooklyn par des propriétaires de navires sous prétexte que le plancher du pont ne serait pas à la hauteur fixée par l'acte du Congrès qui a déclaré expressément que la construction de cet ouvrage ne devrait gêner en rien la navigation du fleuve. Il avait été décidé que la hauteur de 41m,20 (135 pieds anglais) était suffisante pour remplir ces conditions.

En réponse à la demande, les ingénieurs du pont disent que s'il est exact que le plancher se soit abaissé depuis l'ouverture de l'ouvrage à la circulation et cela de 1m,20 environ, ils avaient pris leurs précautions en l'établissant à la cote de 42m,60 de sorte que même avec l'abaissement actuel le dessous du plancher est encore à 0m,20 au-dessus de la limite légale.

La différence des cotes extrêmes, dues aux changements de température est d'environ soixante-quinze centimètres.

Comme suite à ce que nous disions dans la Chronique de septembre, p. 335, nous pouvons ajouter que depuis l'ouverture jusqu'au 8 octobre il avait passé sur le pont 3,385,400 personnes dont 1,866,800 venant du côté de New-York et 1,519,600 venant du côté Brooklyn. Les tramways y circulent

actuellement; ils sont mus par des câbles sans fin dont le fonctionnement ne laisse rien à désirer et dont l'accrochage se fait par un appareil dû au colonel Paine et aussi supérieur, dit le journal *Engineers News*, aux autres systèmes d'accrochage que le pont de Brooklyn l'est aux autres ouvrages du même genre. Il va y avoir 14 voitures qui se suivront à 2 minutes d'intervalle.

Dans les dix-neuf semaines qui se sont écoulées depuis l'ouverture, les recettes et les dépenses s'établissent comme suit:

Recettes	Piétons	172,320	francs
	Voitures	157,815	—
	Tramways	19,680	—
	Total.	349,815	—
Dépenses d'exploitation.		257,090	—
	Solde	92,725	—

Il est juste de dire que le tramway ne fonctionne que depuis peu et devra figurer dans les recettes pour une part plus importante que celle qui est indiquée ci-dessus. Il semble néanmoins bien difficile qu'on arrive à couvrir les énormes intérêts que représente le coût de cette gigantesque construction.

Les abris pour la neige sur le chemin de fer du Pacifique. — Le Central Pacific Railroad a dû établir de longues galeries en bois pour abriter les trains contre les avalanches de neige surtout dans la région des montagnes Rouges. Ces galeries sont sujettes à être incendiées par les flammèches ou les escarbilles échappées des locomotives; aussi a-t-on du prendre de grandes précautions. La compagnie a installé au point culminant des montagnes Rouges un observatoire avec station téléphonique d'où on voit toutes les galeries à neige, soit à l'œil nu, soit à l'aide de longues-vues.

Deux hommes y sont toujours en observation. A la moindre alerte, ils préviennent les stations voisines de Blue-Cannon et de Summit où sont en permanence des trains de secours composés d'une locomotive, de deux wagons-citernes avec pompe à vapeur. Les incendies sont très fréquents, mais les secours sont apportés si promptement que les conséquences ne sont jamais graves. En fait la destruction par le feu de ces galeries est considérée comme à peu près impossible.

COMPTES RENDUS

SOCIÉTÉ D'ENCOURAGEMENT POUR L'INDUSTRIE NATIONALE.

SEPTEMBRE 1883.

Rapport de M. le colonel SEBERT, sur les **procédés de fabrication de divers articles de Paris : abats-jour, plisseurs, buvards, verres de lampes, etc.**, imaginées par M. MAUREL.

Rapport de M. Adolphe DAILLY, sur la **méthode de comptabilité agricole de** M. DE SAUVAGE.

Dosage du sulfure de carbone dans les sulfocarbonates, par M. MUNTZ.

Le sulfocarbonate de potassium est aujourd'hui très employé pour le traitement des vignes philloxérées et il est intéressant de connaître sa teneur en sulfure de carbone.

La méthode de M. Muntz est basée sur la dissolution, dans le pétrole, du sulfure de carbone liquide ou en vapeur. Le volume de pétrole augmente proportionnellement à la quantité de sulfure dissoute; il n'y a pas de contraction. On décompose le sulfocarbonate par le sulfate de zinc, le sulfate de cuivre, l'acétate de plomb additionné d'acide acétique ou enfin le sulfate de plomb récemment précipité. En chauffant le mélange on volatilise le sulfure de carbone qui est condensé par le pétrole; ce dernier se sépare très nettement de l'eau condensée et son augmentation de volume correspond au volume de sulfure de carbone condensé, l'erreur n'atteint pas 1/2 pour 100.

Sur la **législation minière aux États-Unis**, par M. Émile DURAND.

Contribution à la théorie chimique des piles secondaires par M. E. Frankland, (traduit des *Proceedings of the Royal Society*.

Le mouvement coopératif en Angleterre par M. Édouard Simon, (extrait du *Bulletin de la Société des Ingénieurs civils*).

OCTOBRE 1883.

Rapport de M. Édouard COLLIGNON sur les **paliers de roulement sans frottement** de M. CAMBON. — Ces paliers comportent des cônes montés sur l'arbre tournant et portant sur des cônes à axe verticaux auxquels la rotation se communique; il y a donc roulement et le seul frottement de glissement a lieu sur la base du pivot vertical. On peut atteindre sans inconvénients des vitesses de 1,200 à 1,400 tours par minute. Le graissage est insignifiant. Ces appareils sont avantageusement appliqués à des broyeurs Carr.

Rapport de M. Aimé GIRARD, sur le **traité théorique et pratique de la fabrication du sucre**, de M. P. HORSIN-DEON.

Sur les **étalons photométriques**, par M. Félix LE BLANC. — Cette note rappelle les incertitudes que présentent, pour les observations photométriques, les différences dans le pouvoir éclairant des sources de lumières prises pour types.

Ainsi, M. Le Blanc a trouvé pour la bonne bougie de l'Étoile 1/8 de carcel; M. Monnier trouve 7. 7 bougies pour une carcel et pour la bougie de Münich 1/6 de carcel.

On a constaté en Angleterre qu'on pouvait rencontrer des écarts de 14 à 15 pour 100 pour des bougies types prises dans divers paquets et provenant d'un même fabricant. Aussi le professeur Vernon-Harcourt, d'Oxford, avait il proposé de remplacer la bougie type par un bec à gaz déterminé alimenté par un mélange d'air et de vapeur d'un hydrocarbure spécial. On a proposé également d'employer le platine en fusion. M. Le Blanc pense que le meilleur étalon à employer serait encore la lampe carcel où, à son défaut, des lampes à modérateur construites, spécialement pour cet objet, par M. Deleuil et dont le fonctionnement de plus courte durée que celui des carcels est cependant suffisant pour une durée de 2 à 3 heures dans les opérations ordinaires.

Discours prononcés au **centenaire des frères Montgolfier**, par MM. BERARD et le colonel LAUSSÉDAT.

Sur le **traitement du cuivre au convertisseur** Bessemer, par M. P. MANHÈS.

Rapport sur la sériciculture en Italie, par M. Hérisson (extrait des *Annales de l'Institut national agronomique*).

ANNALES DES PONTS ET CHAUSSÉES

AVRIL 1883.

Notice sur la **construction des écluses accolées**, de Carrières-sous-Poissy, sur la Seine, par M. DE PRÉAUDEAU, ingénieur en chef des ponts et chaussées.

Cette écluse à double sas récemment établie à l'extrémité de la dérivation de Carrières-sous-Poissy, sur la Seine, a un grand sas de 141 mètres de longueur sur 17 de largeur et un petit de 41m,60 sur 8m,20.

Les deux sas sont accolés. Les passages pour le grand sas ont 12 mètres de large et ceux du petit 8m,20. L'ouvrage est construit en vue du tirant d'eau de 3m,20.

Les fondations ont été faites en maçonneries à sec, et, au lieu de radier général, on a employé des revêtements maçonnés, ayant pour objet, non de résister aux compressions, mais d'empêcher les affouillements, la nature du sol permettant de creuser les fouilles par épuisement à l'abri des batardeaux naturels formés par les berges en aval de la dérivation.

Les portes sont en bois ; on a préféré cette construction à celle en métal, à cause des difficultés de fabrication et surtout de réparation des portes en tôle.

Les portes seules, sans les appareils accessoires, ont coûté 35,576 francs soit pour 166 mètres carrés, 213 fr. 90 par mètre carré.

La construction totale de la dérivation a coûté 2,108,269 francs dont 1,388,823 francs pour les écluses proprement dites.

Dans la petite écluse, la durée moyenne d'une éclusée est de 13 minutes, dont 5 1/2 pour manœuvre du bateau et 7 1/2 pour celles de l'écluse.

Dans la grande, les durées sont de 27 minutes en moyenne pour les trains de 4 bateaux, 42 pour ceux de 5 bateaux et 91 pour les trains de 8 bateaux, les durées des manœuvres de l'écluse étant dans ces divers cas de 17, 21 et 20 minutes, le reste étant pris par les manœuvres des bateaux et augmentant avec leur nombre, tandis que le premier élément est sensiblement constant.

Étude sur les crues de l'hiver 1882-83 dans le bassin de la Seine, par MM. LEMOINE et DE PRÉAUDEAU, ingénieurs en chefs des ponts et chaussées. — On sait que ces crues ont été remarquables non seulement par leur intensité, mais encore par la particularité de deux crues extraordinaires presque égales se succédant à un mois à peine d'intervalle; ce fait,

qui est la conséquence d'une humidité générale et prolongée s'était déjà présenté en 1879.

La note contient les observations sur la pluie, les hauteurs et effets des crues pour les différentes rivières du bassin de la Seine, l'importance des inondations dans ce bassin, la vitesse de propagation du maximum, les débits des rivières au moment des grandes crues, et enfin des observations sur le service d'annonce des crues et la transmission et la diffusion des avertissements.

ANNALES DES MINES

2e LIVRAISON DE 1883.

L'industrie minérale dans la province de Minas Geraes, par M. A DE BOVET, professeur à l'École des mines d'Ouro-Preto (Brésil), *suite et fin.*

Note sur **certains combustibles tertiaires de l'Istrie et de la Dalmatie**, par M. LODIN, ingénieur des mines. — Les gisements les plus importants de ces combustibles sont dans la vallée de Carpano aux environs d'Albona, sur la côte orientale de l'Istrie; on y exploite des charbons qu'on peut classer dans les houilles grasses à longue flamme; ils contiennent une proportion élevée de soufre. La production est de 50 à 60,000 tonnes par an, dont le débouché se trouve sur les côte de l'Adriatique à Fiume, Pola, Trieste, Venise, Ancône, etc., ce charbon se vend sous vergues de 17 à 18 francs la tonne, alors que les charbons anglais coûtent 27 à 28 francs.

Discours prononcés aux funérailles de **M. L. Grüner**, inspecteur général des mines, par MM. G. DE NERVILLE, au nom du corps des mines; LAN, au nom de l'École des mines; Félix LE BLANC, au nom du Conseil de la Société d'encouragement pour l'indutrie nationale; PARRAN, au nom de la Société géologique de France, et LÉVY, au nom des anciens élèves de l'École des mines de Saint-Étienne.

Note sur les **explosions de grisou survenues dans le bassin du Durham** pendant les premiers mois de 1882, par M. WALCKENAER, ingénieur des mines.

Du 16 février au 19 avril 1882, le bassin houiller du Durham, en Angle

terre, a été le théâtre de trois grandes explosions qui firent 119 victimes. La première a eu lieu le 16 février à Trimdon-Grange; il y a eu 69 morts. La seconde, le 18 avril, à Tudhoe, causa la mort de 37 personnes, et la dernière le 19 avril, à West-Stanley, fit une douzaine de victimes.

La note signale dans ces trois explosions deux particularités : l'une est que l'explosion a semblé se ranimer dans certaines parties de la mine, comme si elle y avait rencontré un aliment auxiliaire, ce qu'on peut attribuer, soit à la combustion des poussières, soit à des dégagements accessoires ou à des accumulations préexistantes de grisou; la seconde est la facilité avec laquelle l'explosion se propage en remontant les courants d'air frais, même à de très grandes distances. Ces faits appuyés par les expériences de MM. Mallard et Le Chatelier sur la vitesse de propagation de l'inflammation au sein des mélanges gazeux explosibles démontrent l'importance d'un tracé prudent des voies d'aérage, ayant pour effet de rendre indépendants les divers quartiers de la mine, de fractionner les courants d'air, isoler les circuits et, dans chaque circuit, les voies d'entrée et de retour, etc., pour localiser les explosions et empêcher que les accidents ne dégénèrent en catastrophes. Les houillères anglaises sont incontestablement défectueuses à ce point de vue, ce qui explique la fréquence des accidents, mais tient à la nature des couches et aux conditions d'exploitation qui en résultent presque nécessairement.

Note sur l'**emploi des grosses mines** aux carrières de Lafarge du Teil, par M. Orieulx de la Porte, ingénieur civil des mines.

On sait que ces carrières sont exploitées pour la production de chaux hydrauliques très renommées. On y emploie généralement de grosses mines pour l'abatage du calcaire. La disposition des couches donne la facilité d'abattre de grosses masses en plaçant convenablement le foyer par rapport à certains joints plus développés que les autres. La règle à suivre en pareil cas est de placer la charge à une distance telle de la face dégagée que la quantité de poudre nécessaire pour chasser en avant la partie la plus faible soit insuffisante pour soulever la partie supérieure. L'explosion débarrasse alors la base en ébranlant toute la masse et la partie supérieure s'éboule par son propre poids dans le vide. Les éléments du problème sont donc : le cube à abattre, la charge de poudre, la plus courte distance du foyer à la face dégagée et la hauteur du rocher au-dessus de la charge. La donnée est généralement le cube à abattre.

On se sert quelquefois pour calculer la charge d'une règle formulée par Burgoyne comme suit : « La charge de poudre en grammes doit être égale à la moitié du cube de la ligne de moindre résistance exprimée en décimètres. » Mais ce coefficient de 0,50 ne tient pas compte de la nature de la roche et des facilités qu'elle peut offrir à l'éboulement. Aux carrières de Lafarge ce coefficient serait trop fort, ainsi la plus courte distance du foyer à la face libre étant de 28 mètres, la règle de Burgoyne donnerait environ 11,000 kilogrammes de poudre. L'expérience de MM. de Lafarge les a conduits à

employer seulement 7,000 kilogrammes ce qui réussit parfaitement. Le coefficient serait donc seulement de 0,32.

La grosse mine de 1881, a été préparée au moyen d'une galerie sur la face nord de la partie dégagée; dans cette galerie on a foncé deux puits, l'un à 17 mètres de l'entrée, l'autre à 15 mètres du premier; de ce dernier on a poussé une galerie revenant sous la première galerie se terminant par un troisième puits formant poche, le relevé de ces travaux a fait reconnaître une distance minima de 28 mètres et une hauteur de 55 mètres de rocher au-dessus de la poche, ce qui a déterminé la charge de 7,000 kilogrammes.

Pour le chargement, on a fermé presque complètement l'orifice de la poche au moyen d'une maçonnerie hourdée au plâtre et portée par des pièces de bois encastrées dans les parois et ne laissant qu'un passage de $0^{m},50$ pour la poudre. On plaça alors la mèche consistant en une série de tuyaux de plomb de 40 millimètres de diamètre, remplis de poudre et contenant en outre deux mèches Bickford dans toute la longueur, en prévision du cas où la poudre raterait pour une cause quelconque. Une des extrémités des tuyaux pénétrait jusqu'au milieu de la poche et se recourbait en U; les deux mèches débordaient de quelques décimètres. L'autre extrémité arrivait jusqu'à l'entrée de la galerie et était provisoirement bouchée.

Le chargement était fait par 26 mineurs chaussés d'espadrilles, et ne portant sur eux aucun objet métallique. Les 140 barils de poudre avaient été amenés à mi-flanc de la montagne, puis défoncés et divisés en sacs de 25 kilogrammes qu'on montait à dos d'homme jusqu'au sommet et qu'on descendait avec une benne dans les galeries où on les passait de main en main jusqu'au fond, le maître mineur les vidant dans la poche. Une fois le dernier sac vide, on étendit sur la poudre une couche de paille et on acheva de remplir la poche avec du sable et de la terre. On remplit 2 mètres de galerie avec des sacs de terre, puis 1 mètre avec une maçonnerie de pierre hourdée au plâtre. Le reste des galeries fut rempli de sacs de terre, de pierres, et de plâtre.

L'orifice extérieur du tuyau de plomb ayant été découvert, on y plaça une mèche Bickford de 10 mètres sur laquelle fut branchée une seconde mèche aboutissant à un pétard qui devait faire explosion cinq minutes avant que le feu ne parvint à l'entrée du tuyau.

Le moment de l'explosion avait été fixé à 3 heures de l'après-midi. On avait pris toutes les précautions nécessaires pour protéger les fours et l'usine ainsi que pour prévenir la présence de personnes à des points exposés.

On mit donc le feu le 18 juin à 3 heures précises. Au bout de treize minutes le pétard détona et cinq minutes après le sol vibra sous les pieds des assistants comme dans une secousse de tremblement de terre, la montagne se crevassa et s'ouvrit sans bruit et un formidable éboulement vint s'abattre sur la plate-forme de la carrière avec le roulement sourd et prolongé d'une avalanche.

Le cube abattu a dépassé de beaucoup les prévisions. On comptait sur un abattage de 60 à 70,000 mètres cubes. Le métrage a donné un déblai de 120 à 130,000 mètres cubes et un tas d'éboulement de 150 à 200,000 mètres cubes. Un caractère des grosses mines est de ne donner lieu à aucune détonation.

Les dépenses ont été les suivantes :

Fonçage de la galerie	3,741	francs
7,000 kilogrammes de poudre.	15,880	—
Frais de chargement	2,352	—
Gratifications au personnel	927	—
Total	22,900	—

Si on admet un abatage de 150,000 mètres cubes, le prix de revient du mètre cube ressort à 0 fr. 15. Il faut dire que la plupart des blocs abattus nécessitent de nouveaux coups de mines pour être divisés.

SOCIÉTÉ DES INGÉNIEURS ALLEMANDS.

9e *livraison de* 1883.

Treuil roulant de 20 mètres de portée pour charges de 20 tonnes, par E. Becker.

Appareils d'extraction et d'épuisement du puits Bindweide, à Steinebach, par Th. Peters.

Chauffage et ventilation à l'Exposition d'hygiène et de salubrité de Berlin en 1883, par H. Fischer.

Les accumulateurs électriques et leurs applications, par C. Fink.

Adoption d'un pas de vis métrique, par C. Delisle.

Pas de vis normal allemand, par R. Gutekunst.

Les chaudières à vapeur du service de l'Exposition suisse de Zurich.

Balance automatique pour peser les grains, de Reuther et Reisert.

Outils, fraises et mèches spirales, pour le travail des métaux, par A. Gross.

Construction des ponts. — Conditions d'établissement des contreventements des ponts métalliques. — Calcul des poutres continues. — Pont de

chemin de fer sur le Mein. — Inspection et surveillance des pont
liques. — Passerelle à piétons sur le bassin de la Villette à Paris.

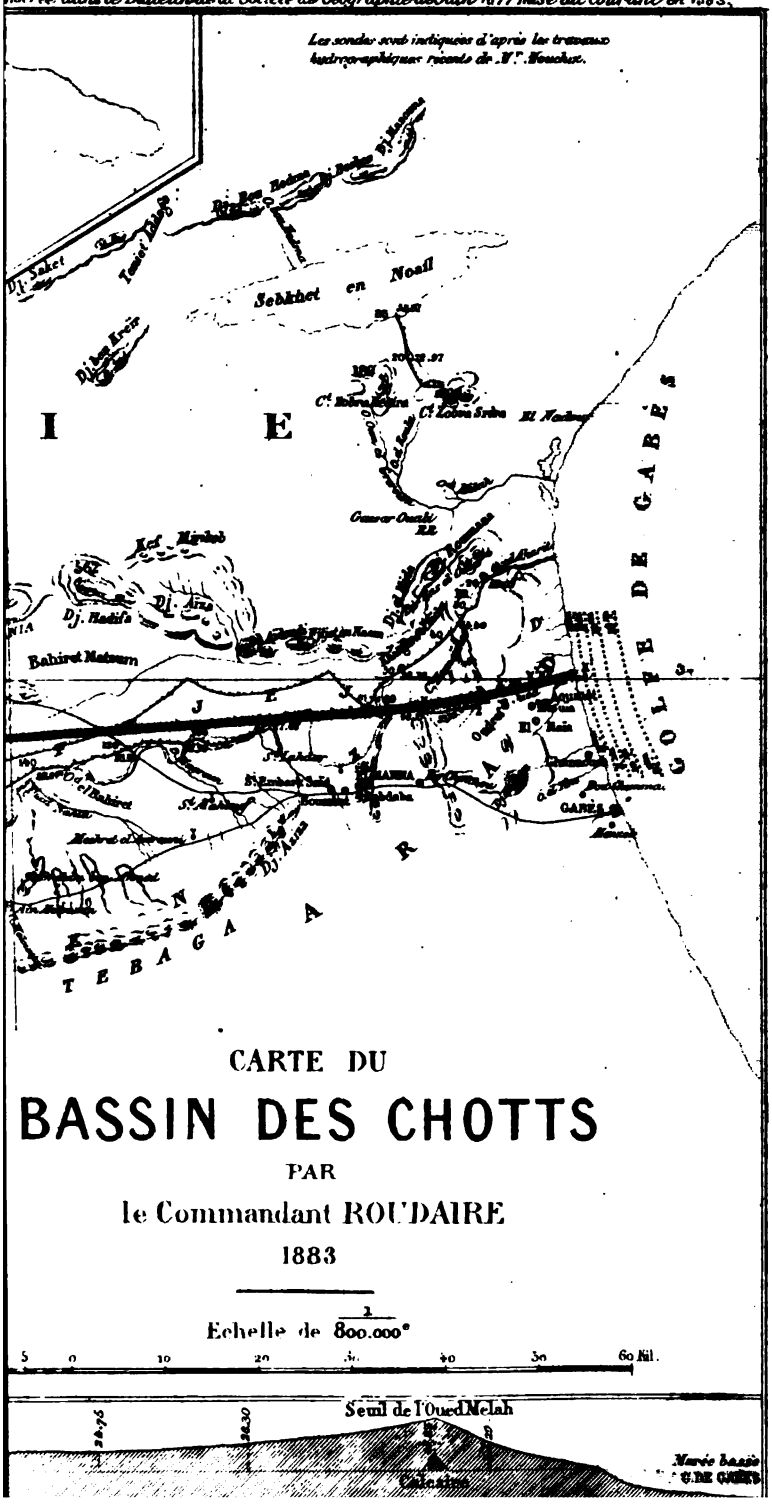
Bibliographie. — La mécanique au point de vue de l'art de l'i
et de la construction des machines du docteur Julius Weisb
Gustave Hermann. — Appareils de chauffage et de ventilation des
Kaiserslautern.

Le Secrétaire-Rédacteur

A. MALLET.

Paris. — Imp. E. CAPIOMONT et V. RENAULT, rue des Poitevins, 6.
Imprimeurs de la Société des Ingénieurs civils.

Insérée dans le Bulletin de la Société de Géographie de Juin 1877 mise au Courant en 1883.



CARTE DU
BASSIN DES CHOTTS

PAR

le Commandant ROUDAIRE

1883

Echelle de $\frac{1}{800.000^e}$

5 0 10 20 30 40 50 60 Mil.

chemin de fer sur le Mein. — Inspection et surveillance des ponts métalliques. — Passerelle à piétons sur le bassin de la Villette à Paris.

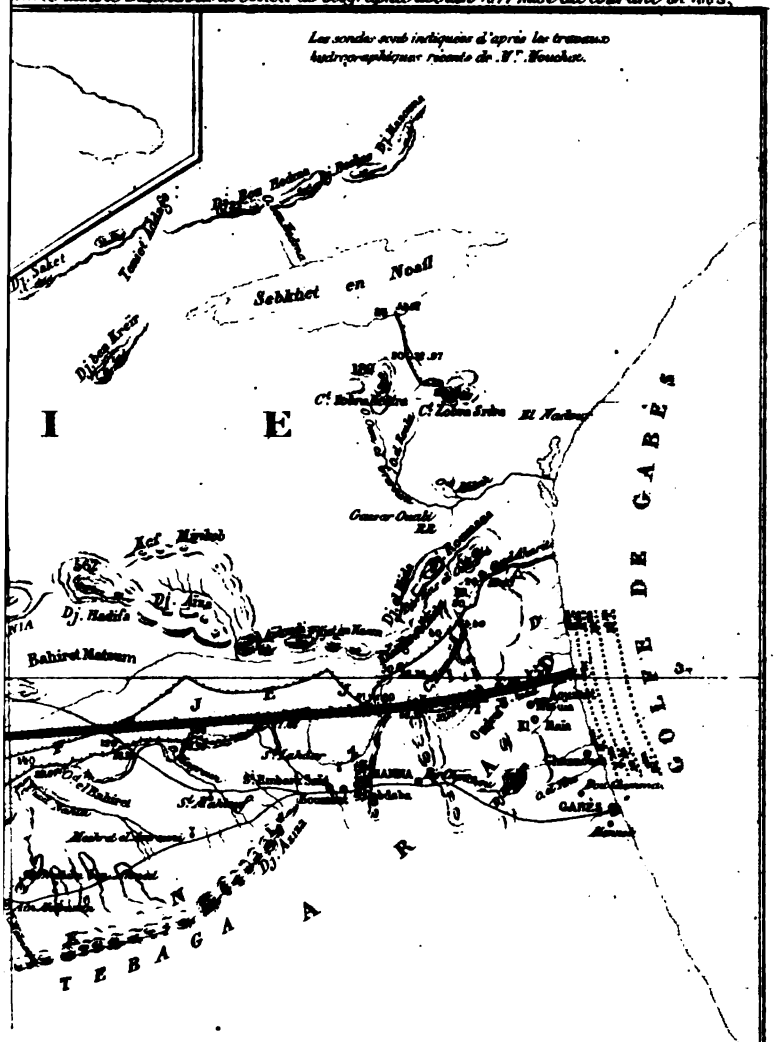
Bibliographie. — La mécanique au point de vue de l'art de l'ingénieur et de la construction des machines du docteur Julius Weisbach, par Gustave Hermann. — Appareils de chauffage et de ventilation des usines de Kaiserslautern.

Le Secrétaire-Rédacteur,

A. MALLET.

Paris. — Imp. E. CAPIOMONT et V. RENAULT, rue des Poitevins, 6.
Imprimeurs de la Société des Ingénieurs civils.

...sérés dans le Bulletin de la Société de Géographie de Juin 1877 mise au Courant en 1883.



CARTE DU
BASSIN DES CHOTTS

PAR

le Commandant ROUDAIRE

1883

Echelle de $\frac{1}{800.000^e}$

5 0 10 20 30 40 50 60 Kil.

Paris _Gravé et Imp. par Erhard, 35bis rue Denfert-Rochereau

RIEURE E

52'

° 11'

ARSA

ridien 5° 4

Sfax

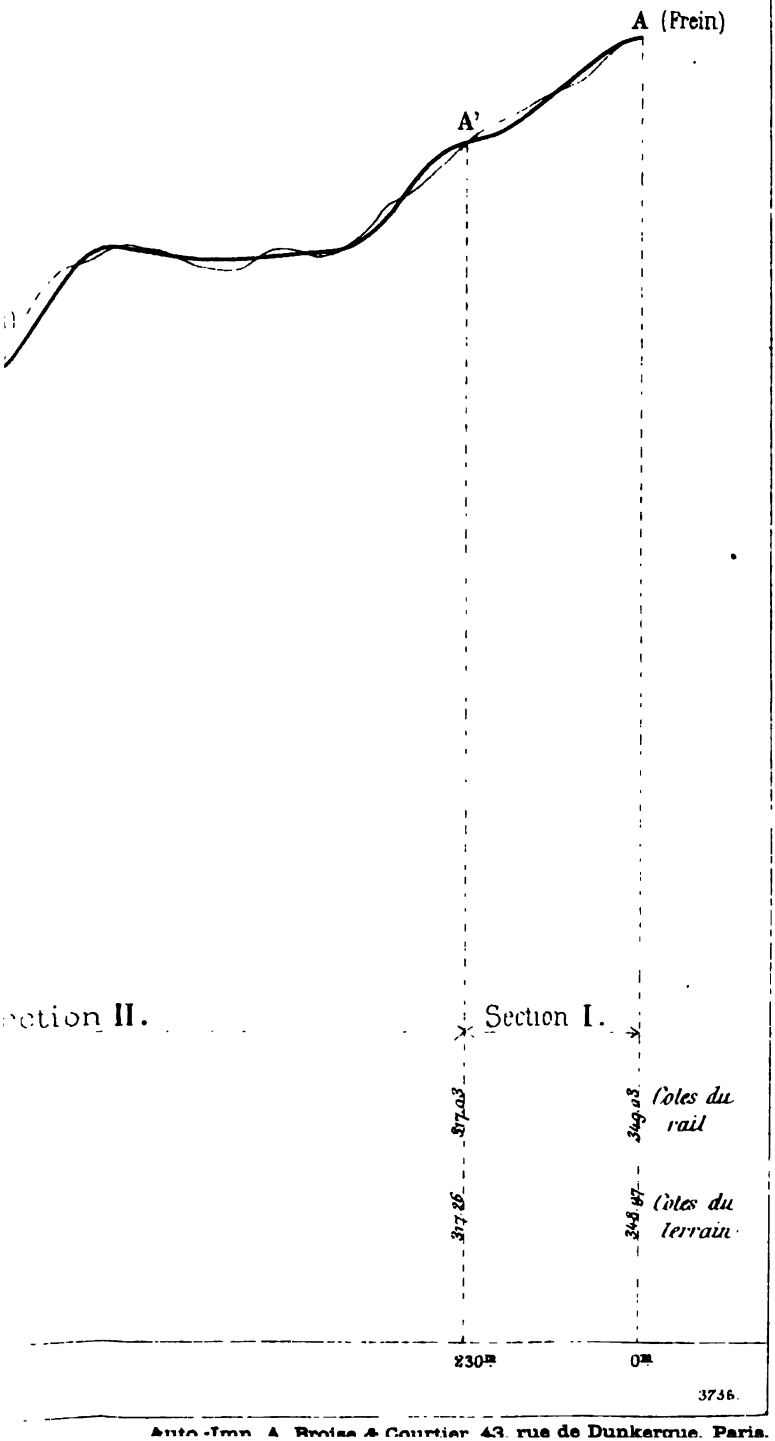
iral Mouchez

44'

lle Kerkenna

s $\frac{1}{4.000}$

83



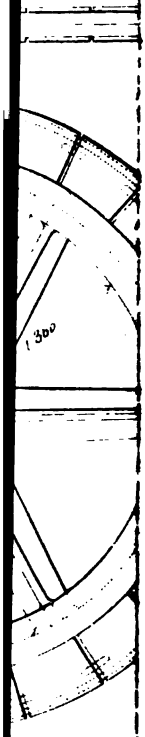
Auto-Imp. A. Broise & Courtier, 43, rue de Dunkerque, Paris.

Plaque
0.00
118.00
118.00
Plaque
385
500
1.000
2 500
D
E
2

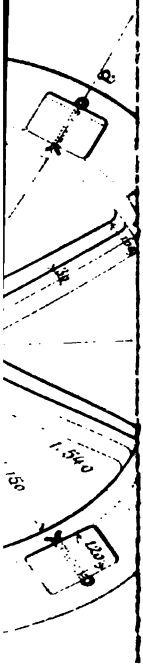
Coupe
135.6
54
6a

N DE FE

ur. (échelle



ance.



MÉMOIRES

ET

COMPTE RENDU DES TRAVAUX

DE LA

SOCIÉTÉ DES INGÉNIEURS CIVILS DE FRANCE

BULLETIN

DE

NOVEMBRE 1899

N° 11.

Sommaire des séances du mois de novembre 1899 :

1° *Congrès :*

De l'Association française pour l'avancement des Sciences, à Boulogne-sur-Mer (Compte rendu du 28e), par MM. P. Arbel et R. Soreau, observations de M. Casalonga et note de M. Cacheux (Séances des 10 et 17 novembre), pages 574 et 581;

International d'aquiculture et de pêche, à Paris, du 14 au 19 septembre 1900 (Séance du 17 novembre), page 585;

International des habitations à bon marché à Paris, du 18 au 21 juin 1900 (Séance du 17 novembre), page 585;

International de Sauvetage et des premiers secours, à Paris, du 17 au 23 juillet 1900 (Séance du 10 novembre), page 573;

2° *Décès* de MM. P.-E. Chalain, L.-F.-M. Hubert, G. Simon et Baron Delort de Gléon (Séances des 10 et 17 novembre), pages 573 et 585;

3° *Décorations* (Séances des 10 et 17 novembre), pages 573 et 585;

4° *École spéciale d'Architecture, le samedi 11 novembre* (Ouverture de l') (Séance du 10 novembre), page 573;

5° *Installations électriques aux États-Unis* (Récentes), par M. M. Delmas (Séance du 10 novembre), page 579;

6° *Nominations :*

MM. Delaunay-Belleville, Borja de Mozota, E. Duchesne, H. Menier, E. Pereire, J. Rueff, ont été nommés membres du Conseil de la Marine marchande (Séance du 17 novembre), page 585;

MM. A. André, L. Weiller ont été nommés Conseillers du Commerce extérieur de la France (Séance du 17 novembre), page 585;

M. H. Couriot a été nommé membre du Conseil de Surveillance du Conservatoire des Arts et Métiers (Séance du 17 novembre), page 585;

7° *Ouvrages reçus* (Séances des 10 et 17 novembre), pages 563, 573 et 585;

8° *Ozone* (Les progrès récents de l'industrie de l'), par M. Otto, et observations de MM. Richou, Gosselin, Badois, Hubou, Casalonga (Séance du 17 novembre), page 586;

9° *Panorama de la bataille d'Iéna* (Séance du 10 novembre), page 574;

10° *Pertes de l'Avre et de ses affluents et des sources en aval des pertes* (Études des), par M. F. Brard; lettres de MM. H. Portevin, G. Bechmann et Boursault, et observations de MM. F. Brard et Hubou (Séances des 10 et 17 novembre), pages 569 et 582;

11° *Tampons obturateurs automatiques contre les explosions par rupture de tubes dans les chaudières aquatubulaires*, par M. A. Janet et observations de MM. E.-A. Barbet, G. Canet et R. Soreau (Séance du 17 novembre), page 592;

12° *Visite :*

Aux Chantiers de l'Exposition de 1900, le 10 décembre 1899 (Séance du 17 novembre), page 585;

Des travaux, au chemin de fer d'Orléans, le 2 décembre 1899 (Séance du 17 novembre), page 585;

Mémoires contenus dans le bulletin de novembre 1899 :

13° *Compte rendu du XXVIII^e Congrès de l'Association française pour l'avancement des Sciences*, par MM. Arbel et Soreau, page 595;

14° *Les développements de l'électricité aux États-Unis en 1899. Récentes installations électriques*, par M. M. Delmas, page 635;

15° *Les traverses métalliques*, par M. Auguste Moreau, page 672;

16° *Chroniques* n^os 238 et 239, par M. A. Mallet, page 690;

17° *Comptes rendus*, — page 707;

18° *Informations techniques*, — page 719;

19° *Bibliographie :*

1^re section. — *Petite Encyclopédie pratique du bâtiment, publiée sous la direction de M. L.-A. Barré*, par M. Ch. Labro, page 737;

1^re section. — *Barèmes destinés à faciliter le calcul des ponts métalliques, à une ou plusieurs travées, de MM. Dupuy et Cuënot*, par M. P. Bodin, page 738;

2^e section. — *Machines marines, de M. L.-E. Bertin*, par M. L. de Chasseloup-Laubat, page 740;

3e section. — *Guide pratique pour la recherche et l'exploitation de l'or, en Guyane française, de M. D. Levat*, par M. P. Jannettaz, page 741;

4e section. — *La liquéfaction des gaz et ses applications, de M. Julien Lefèvre*, par M. R. Soreau, page 742;

5e section. — *Leçons sur l'électricité de M. Eric Gérard*, par M. G. Baignères, page 744;

20e *Planche* n° 225.

Pendant le mois de Novembre 1899, la Société a reçu :

Astronomie et Météorologie.

Jahrbücher der K. K. Central Anstalt für Meteorologie und Erdmagnetismus. Officielle Publication. Jahrgang 1893. Neue Folge, XXX Band (in-4°). Wien, Wilhelm Braumüller, 1896. 39246

Chemins de fer et Tramways.

Auvert. — *Nouveau système d'éclairage électrique des voitures au moyen d'une dynamo actionnée par l'un des essieux*, par M. Auvert (Extrait de la Revue générale des chemins de fer et des tramways, n° d'août 1899) (in-4° de 12 p.). Paris, Vve Ch. Dunod, 1899 (Don de l'auteur). 39253

Avant-projet du chemin de fer du Sénégal au Niger, de Kayes à Toulimandio. Documents divers (grand in° de 412 p. avec 1 carte) et *Plans et profils en long de Bafoulabe au pont de Backhoy; du Backhoy à Kita; de Kita à Toulimandio*, pliés format 220 × 320). Paris, Imprimerie nationale, 1894. (Don de M. E. Badois M. de la S.). 39257 à 39260

Doniol. — *Note sur la réglementation et la rédaction des cahiers des charges des chemins de fer d'intérêt local*, par M. Doniol (Extrait de la Revue générale des chemins de fer et des tramways. N° d'octobre 1899) (in-4° de 80 p.). Paris, Vve Ch. Dunod, 1899 (Don de l'auteur, M. de la S.). 39267

Statistique des chemins de fer français au 31 décembre 1897. Documents divers. Deuxième partie. France. Intérêt local. Algérie et Tunisie (Ministère des Travaux publics. Direction des chemins de fer, 1re Division) (in-4° de VI-474 p.). Paris, Imprimerie nationale, 1899. 39252

Éclairage.

Bouvier (Ad.). — *Tableaux de comparaison entre les éclairages usuels*, par Ad. Bouvier (Extrait du Compte rendu du vingt-cinquième Congrès de la Société technique de l'Industrie du gaz en France, tenu à Nice les 20 et 21 avril 1898) (in-8° de 12 p.). Paris, P. Mouillot, 1899 (Don de l'auteur, M. de la S.). 39272

Bouvier (Ad.). — *Une installation de voie aérienne pour le transport des charbons (Usine à gaz de Metz). — Représentation graphique d'une usine à gaz en développement sur le plan vertical*, par Ad. Bouvier (Extraits du Compte rendu du vingt-sixième Congrès de la Société technique de l'Industrie du gaz en France, tenu à Paris les 20, 21, 22 et 23 juin 1899) (in-8° de 20 p. avec 4 pl.). Paris, P. Mouillot, 1899 (Don de l'auteur, M. de la S.).
39273

Économie politique et sociale.

Bulletin de l'Association Normande pour prévenir les accidents du travail. Année 1899, n° 20 (grand in-8° de 100 p. avec 5 pl.). Rouen, au siège de la Société, 1899. 39241

Compagnie générale des Voitures à Paris. Assemblée générale annuelle du 29 avril 1899. Rapport du Conseil d'administration sur les comptes de l'exercice 1898 (in-4° de 35 p. avec 8 tableaux). Paris, Maulde, Doumenc et Cie, 1899. 39274

Statistique générale de la France. Tome XXVII. Statistique annuelle. Année 1897 (République française, Ministère du Commerce, de l'Industrie, des Postes et des Télégraphes. Office du Travail. Bureau de la statistique générale) (grand in-8° de x-295 p.). Paris, Imprimerie nationale, 1899. 39248

Électricité.

Blondel (D.). — *De l'utilité publique des transmissions électriques d'énergie. But, Procédés, État actuel, Valeur économique et avenir*, par M. A. Blondel (Extrait des Annales des Ponts et Chaussées, 1er trimestre 1898. Revu et complété en juin 1899) (in-8° de 130 p.). Paris, Vve Ch. Dunod, 1899 (Don de l'éditeur).
39244

Le Volta. Annuaire de renseignements sur l'électricité et les industries annexes, avec Préfaces de l'auteur, Camille Grollet, et de l'éditeur G.-E. Puel de Lobel (grand in-8° de CLII-2746 p.). Paris, Société fermière des Annuaires, 1899 (Don de l'éditeur).
39247

Enseignement.

Chronik der Königlichen Technischen Hochschule zu Berlin, 1799-1899 (petit in-f° de 169 p. avec illust.). Berlin, Wilhelm Ernst und Sohn, 1899 (Don de la König. Techn. Hochschule zu Berlin).
39255

Columbia University in the City of New York. Catalogue 1898-99 (in-8° de XII-435 p.). New-York, Printed for the University, 1899 (Don de M. Marcel Delmas, M. de la S.). 39275

Columbia University in the City of New York. President's Annual Report. 1898 (in-8° de 316 p.). New York, Printed for the University, 1899 (Don de M. Marcel Delmas, M. de la S.). 39276

Géologie et Sciences naturelles diverses.

Bulletins de la Société de Spéléologie. N^os^ 1 à 16. Années 1895 à 1898 (12 fascicules grand in-8°). *Mémoires de la Société de Spéléologie. N^os^ 1 à 21. Années 1896 à 1899* (21 fascicules grand in-8°). Paris, au Siège de la Société (Don de M. E.-A. Martel, Secrétaire général de la Société de Spéléologie). 39277 à 39310

Législation.

Associação dos Engenheiros civis Portuguezes. Relaçao dos socios effectivos e aggregados existentes em 30 de Abril 1899 (in-8° de 37 p.). Lisboa, Imprensa nacional, 1899. 39249

Association internationale pour l'essai des matériaux. Statuts et État nominatif des Membres (clôturé le 1^er^ juin 1899) (in-8° de 109 p.). Zurich, A. Markwalder, 1899. 39318

Mines.

Sohm (M.). — *Installation d'un siège d'exploitation aux mines de houille de Bruay*, par Michel Sohm (Bulletin de la Société des anciens Élèves des Écoles nationales d'arts et métiers. Octobre 1899, n° 10) (in-8°, pages 1039 à 1148, avec planches 33 à 42). Paris, Chaix, 1899 (Don de l'auteur, M. de la S.). 39249

Transactions of the American Institute of Mining Engineers. Vol. XXVIII. February 1898 to October 1898 inclusive (grand in-8° de 949 p.). New York City, Published by the Institute, 1899. 39264

Navigation.

Aignan (A.). — *Introduction à l'étude de la navigation. Conférences faites à l'École normale d'instituteurs de Vannes*, par Albert Aignan (in-8° de VI-237 p.). Paris, Gedalge, 1899 (Don de M. E. Cacheux, M. de la S.). 39314

Aignan (A.) et Guillard (V.). — *Notions élémentaires sur la mer, la navigation et la pêche, suivies de leçons sur la gymnastique et la natation*, par A. Aignan et V. Guillard (in-8° de 222 p. avec nombreuses illustrations). Paris, Gedalge, 1899 (Don de M. E. Cacheux, M. de la S.). 39313

Lavieuville (G.) et Pérard (J.). — *Congrès international des Pêches maritimes, d'Ostréiculture et d'Aquiculture marine*, réuni à Dieppe du 2 au 6 septembre 1898, par l'Enseignement professionnel et technique des Pêches maritimes, avec le concours du Département, de la Ville et de la Chambre de commerce de Dieppe. *Tome I^er^. Mémoires présentés au Congrès* (grand in-8° de 179 p.). *Tome II. Comptes rendus des séances*, publiés par les Secrétaires généraux, Gustave Lavieuville et Joseph Pérard (grand in-8° de XXVII-433 p.) Paris, Augustin Challamel, 1899 (Don de M. E. Cacheux, M. de la S.). 39316 et 39317

PÉRARD (J.). — *Exposition de Bergen (Rapport de M. J. Pérard)* Supplément au Bulletin trimestriel de l'Enseignement professionnel et technique des Pêches maritimes, janvier, février, mars 1899 n° 1 *bis*) (in-8° de 52 p.). Paris, au siège social, 1899 (Don de M. E. Cacheux, M. de la S.). 39315

Statistique de la Navigation intérieure. Nomenclature et conditions de navigabilité des fleuves, rivières et canaux. Relevé général du tonnage des marchandises. Année 1898. Premier volume (in-4° de 518 p. avec 1 carte). *Deuxième volume* (in-4° de 289 p.). (Ministère des Travaux publics. Direction des Routes de la Navigation et des Mines. Division de la Navigation). Paris, Imprimerie nationale, 1899.

Transactions of the North-East Coast of Institution of Engineers and Shipbuilders. Volume XV, Fifteenth session 1898-99 (grand in-8° de 267 p. avec 8 pl.). London and Newcastle-upon-Tyne, Andrew Reid and Company, 1899. 39263

VAUTHIER (L.-L.). — *Notice sur la barra de Rio Grande do Sul et sur les moyens d'y créer une passe stable,* par L.-L. Vauthier (Extrait des Annales des Ponts et Chaussées, 2e trimestre 1899) (in-8° de 39 p.). Paris, Ve Ch. Dunod, 1899 (Don de l'auteur, M. de la S.). 39245

Physique.

LEFÈVRE (J.). — *La liquéfaction des gaz et ses applications,* par J. Lefèvre (Encyclopédie scientifique des aide-mémoire) (petit in-8° de 175 p. avec 38 fig.). Paris, Gauthier-Villars, Masson et Cie, 1899 (Don de l'Éditeur). 39242

Sciences mathématiques.

ANDRUZZI. — *Le pont Vierendeel,* par le professeur Andruzzi (Extrait des Mémoires de l'Union des Ingénieurs de Louvain, 1899) in-8° de 47 p. avec 1 pl.). Bruxelles, Imprimerie de l'Économie financière, 1899 (Don de M. Vierendeel). 39312

ARONHOLD (S.) und LAMPE (Dr E.). — *Die Reine Mathematik, in den Jahren 1884-1899* nebst Actenstücken zum leben von Siegfried Aronhold. Ein Gedenkblatt von Dr E. Lampe (grand in-8° de 64 p.). Berlin, Wilhelm Enst und Sohn, 1899 (Don de la König. Techn. Hochschule zu Berlin). 39256

OCAGNE (M. D'). — *Traité de nomographie. Théorie des abaques. Applications pratiques,* par Maurice d'Ocagne (grand in-8° de XIV-480 p. avec 173 fig.). Paris, Gauthier-Villars, 1899 (Don de l'éditeur). 39266

Technologie générale.

HÉRON DE VILLEFOSSE, BAILLAUD (B.), PARIS (G,) et LEYGUES (G.). — *Congrès des Sociétés savantes à Toulouse. Discours prononcés à la séance générale du Congrès, le samedi 8 avril 1899*, par MM. Héron de Villefosse, B. Baillaud, Gaston Paris et Georges Leygues (grand in-8° de 64 p.). Paris, Imprimerie nationale, 1899. 39254

Institution of Mechanical Engineers. Library Catalogue. December 1896. Subject Index of Papers, etc. in the Proceedings 1847-1896 (in-8° de 287 p. et de 38 p.). London, Published by the Institution. 39250 et 39251

Transactions of the Institution of Engineers and Shipbuilders in Scotland. Volume XLIII. Forty-second session 1898-99 (in-8° de 463 p., avec 20 pl.). Glasgow, Published by the Institution, 1899. 39265

Les Membres nouvellement admis pendant le mois de Novembre 1899, sont :

Comme Membres Sociétaires, MM. :

J.-Ch. BASSÉE,	présenté par MM.	Dumont. Brüll, Fayollet.
P. BLACHE,	—	Baudoux-Chesnon, Faucher, Fayollet.
Ch. BLET,	—	Deroualle, Cormerais, A. Liébaut.
F.-G. BOCQUET,	—	Dumont, Mardelet, Roger.
P. BOIVIN,	—	Mesureur, Julien, Maris.
S.-J. BOUSSIRON,	—	Moineau, Pilleaud, Rancelant.
N.-E. CADET DE VAUX,	—	Bardolle, Riché, Supplisson.
F. CASTELLAN,	—	Bonnet, Rousset, Ch. Thirion.
L. CHAVANIS,	—	Dumont, Dupoy, Vanderpol.
A.-A. DEGUY,	—	Badois, Mesureur, Fouché.
V.-A. DEROUALLE,	—	Badon-Pascal, Cormerais, Guillet de la Brosse.
M.-P.-A. DESFONTAINES,	—	Canet, C. Bourdon, Godillot.
R. DUFER,	—	de Gaetcher, Lemonnier, Progneaux.
L. DUGUEY,	—	Dumont, Baignères, Gallais.
B. EPPINGER,	—	Dumont, Canet, Journolleau.
P. FOUGEROLLE,	—	Dollot, Ducomet, H. Rouart.
L.-A.-F. FOURRÉ,	—	Bonnet, Rousset, Ch. Thirion.
Ch.-J. FRANÇOIS,	—	Dumont, Rey, L. de Chasseloup-Laubat.
B.-J. GARCZYNSKI,	—	Dumont, Canet, Gouvy.
G. HERTZOG,	—	Dumont, Canet, Journolleau.

Ch.-R. KIENER, présenté par MM. Lalance, Mallet, Walther-Meunier.

H.-L.-A. LABROT-BROUSSE, — Dumont, Canet, Journolleau.

J.-P.-G. LAMBOI, — Dumont, du Bousquet, Hegelbacher.

L. LACRAMPE, — Dumont, Pontzen, J. Pillet.

T.-P.-A.-A. DE LA VALETTE, — Rey, Boileau, Prouteau.

P.-P. LEBROU, — Dumont, Badois, Baignères.

Ch.-J.-P. LEMERCIER, — Dumont, Gambaro, Baignères.

L.-P. MAGNE, — Badois, A. Belin, E. Belin.

F. MAISONNIER, — Dumont, Appert, Journolleau.

L. MAUGRAS, — Dumont, Pommier, Delaporte.

L.-J. MÉKARSKI, — Dumont, Badois, Bougenaux.

R. MICHAU, — Dumont, Canet, Journolleau.

J.-E. MICHAUT, — Level, Messier de Saint-James. Plocq.

A.-M. MICHEL, — Dumont, Brûll, Fayollet.

E. NORMANDIN, — Dumont, Canet, Neveu.

Ch.-H.-J.-P. PELLEGRIN, — Dumont, L. Périssé, Journolleau.

U.-P. POLGE, — Canet, de Place, L. Rey.

V. DA SILVA FREIRE, — Dumont, Pontzen, Thiré.

P. TOURNAYRE, — Polonceau, Loutreuil, Bouvard.

L.-E. VALLÉE. — Barre, E. Bert, Durey.

Comme Membre Associé, M. :

F. FERRON, présenté par MM. Brûlé, Centner, Fremont.

RÉSUMÉ

DES

PROCÈS-VERBAUX DES SÉANCES

DU MOIS DE NOVEMBRE 1899

PROCÈS-VERBAL

DE LA

SÉANCE DU 10 NOVEMBRE 1899

PRÉSIDENCE DE M. G. DUMONT, PRÉSIDENT.

La séance est ouverte à 8 heures et demie.

Avant de mettre aux voix le procès-verbal de la dernière séance, M. LE PRÉSIDENT donne lecture de deux lettres qu'il a reçues à propos de la communication de notre Collègue, M. F. Brard.

La première est de notre Collègue, M. H. PORTEVIN, Ingénieur-Architecte à Reims, et est ainsi conçue :

« *Reims, le 7 novembre 1899.*

» MONSIEUR LE PRÉSIDENT,

» Je lis, dans le compte rendu de la dernière séance, une assertion » de M. Hubou, qu'il me paraît nécessaire de ne pas laisser passer sans » rectification. Notre honorable Collègue a été induit en erreur en ce » qui concerne la captation des eaux de Reims; cette captation n'est » nullement faite dans la craie fissurée, mais bien en pleine grève, au » moyen de cloches foncées à l'air comprimé. Le terrain dans lequel » cette captation est faite, sous 6 à 8 *m* de couche filtrante, est une » prairie naturelle, achetée par la ville et enclose, dont la superficie » constitue un périmètre de protection très suffisant.

» Il n'est pas moins inexact de dire que Reims a subi de nombreuses » épidémies de fièvre typhoïde. De 1885 à 1898, la mortalité moyenne » par cette endémie a été de 3,1 pour 10 000, ce qui est une faible pro- » portion pour une grande agglomération. Le nombre des décès ty- » phiques a, d'ailleurs, diminué au fur et à mesure que la canalisation » d'eau s'étendait aux quartiers excentriques, et, s'il a un peu remonté » en 1895 et 1898, c'est uniquement en raison d'épidémies dans les ca-

» sernes, épidémies qui ne sauraient être attribuées à la qualité de l'eau, » puisqu'elles ne se sont pas étendues à la population civile, alimentée » par la même canalisation.

» M. le docteur Calmette, le savant directeur de l'Institut Pasteur de » Lille, avait, dans son travail sur la stérilisation des eaux potables par » l'ozone, produit les mêmes renseignements que notre Collègue; recti- » fication lui a été adressée à cette époque par M. le docteur Hoël, di- » recteur du Bureau d'hygiène de la ville de Reims.

» Veuillez agréer, etc.

» Signé : H. Portevin ».

La seconde est de M. G. Bechmann, Ingénieur en chef des Ponts et Chaussées, chef du Service des Eaux et de l'Assainissement de la Ville de Paris. En voici les termes :

« *Paris, le 9 novembre 1899.*

» Monsieur le Président et cher Camarade,

» Répondant à votre aimable invitation relative à la récente et si inté- » ressante communication de M. Brard sur les pertes de l'Avre, j'ai » l'honneur de vous faire connaître que je ne crois pas pouvoir inter- » venir, quant à présent, dans la discussion à laquelle cette communi- » cation pourra donner lieu. En effet, une Commission spéciale, chargée » par M. le Préfet de la Seine de l'étude des questions relatives aux » sources captées dans cette région par la Ville de Paris, procède depuis » plusieurs mois à un examen approfondi au quadruple point de vue » géologique, médical, chimique et bactériologique : cette Commission » s'est mise, je le sais, en rapport avec M. Brard, par l'intermédiaire » d'un de ses membres; elle déposera sans doute prochainement un » rapport avec des conclusions fermes.

» Les représentants de l'Administration doivent évidemment attendre » avant de se prononcer, avant d'émettre une opinion quelconque, que » la Commission spéciale ait fourni elle-même un avis motivé.

» Veuillez agréer, etc.

» Signé : G. Bechmann. »

M. F. Brard demande également à réfuter certaines assertions émises à la dernière séance à la suite de sa communication.

Il dit que M. Hubou a insisté sur ce qu'il regarde comme inefficace, le comblement des mardelles-entonnoirs, c'est-à-dire des entonnoirs d'effondrement produits par les vides de la craie turonienne. Ce n'est pas à combler les entonnoirs que consiste le travail, mais à les étancher. L'expérience est là pour démontrer que ces assertions sont inexactes; les travaux exécutés par les Ponts et Chaussées de l'Eure, en pleine rivière, en sont une preuve indéniable. Or, tous les autres effondrements sont en dehors du lit de la rivière et, par suite, plus faciles à étancher. Les bétoirs à oblitérer représentent un travail sans importance.

Parmi les mardelles-entonnoirs des plateaux, 10 sur 73 reçoivent les eaux d'égout des terres ; il y aurait à les étancher; le travail serait assez important.

Les 52 mardelles-bétoirs des prairies devraient toutes être oblitérées

et rendues étanches ; le succès obtenu par l'emploi du ciment arme n'empêche pas d'autres procédés d'être tout aussi efficaces, mais ce sont des hommes du métier qui doivent faire ces travaux et non les propriétaires. En tout cas, ce seraient des servitudes à créer dans un intérêt général. Il y aurait à surveiller celles qui pourraient se produire à raison d'une tous les six ou sept ans.

Ainsi que l'a dit notre distingué Collègue M. Doniol, on se trouve en présence d'un travail de 35 000 000 *f*, exécuté, et donnant de bons résultats pendant 9 ou 10 mois de l'année ; au lieu d'innovations coûteuses, telles que l'ozonisation, et que la pratique n'a pas sanctionnées, il paraîtra plus naturel d'améliorer l'état de choses actuel, c'est-à-dire exécuter des travaux aux points de contamination reconnus, les mardelles-bétoirs de prairie, que de se lancer dans la création d'usines d'ozonisation qui devront traiter par seconde 1 280 *l*, soit 110 000 m^3 en 24 heures et sans aucun chômage d'aucune espèce.

S'il y a une légère diminution dans le débit des sources par suite des travaux, on aura des eaux approchant de plus près de la pureté que l'on est en droit d'exiger, le mal étant connu et le remède indiqué, il restera en tout cas toute la zone des terrains perméables des vallées de l'Avre où la filtration ne paraît rien laisser à désirer.

M. Brard dit quelques mots sur l'épuration par le procédé Anderson et la filtration par le sable.

En saison sèche, les eaux de la Marne, avant épuration, soit à Neuilly-sur-Marne, soit à Nogent, ainsi que les eaux de la Seine à Choisy-le-Roi, contiennent une quantité notable de matière organique que le procédé Anderson et la filtration par le sable diminuent de 1/6 à 1/3 ; il en reste donc une quantité notable toujours supérieure dans ce cas à celle des eaux de source.

Au point de vue bactériologique, les deux procédés réunis paraissent aboutir à la perfection, c'est-à-dire à l'élimination presque radicale des microbes. Leur proportion, dans ce cas, est toujours inférieure à celle des eaux de source.

En saison de pluie, époque critique pour les eaux de source qui se troublent toutes, et qui se caractérise en même temps par une augmentation notable de la matière organique et surtout des microbes, le procédé d'Anderson, suivi de la filtration par le sable, paraît échouer ; la matière organique reste en grande quantité ainsi que les microbes, malgré une destruction considérable ou un arrêt par le filtre ; les critiques que l'on fait avec raison aux eaux de source troubles, peuvent s'adresser, avec la même vérité, sinon davantage, aux eaux traitées par le procédé Anderson. Donc, à l'époque des grandes pluies automnales et hivernales, les eaux de source, quoique troubles, avec augmentation de matière organique et pullulation de microbes sont supérieures aux eaux ci-dessus indiquées et le procédé Anderson échoue dans ce cas ; il améliore, mais insuffisamment. Il suffit d'examiner les résultats donnés par l'Observatoire Municipal.

Notre Collègue, M. Boursault parlait de mettre une matière filtrante dans les mardelles-bétoirs ; or, deux faits se passeront ; comme les mardelles-bétoirs de l'Avre sont des cheminées d'éboulement, l'eau qui y

viendra entraînera le sable dans les cavités de la marne et on aura un trou sans fond à remplir de sable ; supposons que ce fait reconnu soit moindre sur certains effondrements, il ne faut pas oublier que la difficulté dans le système Anderson consiste justement dans les filtres à sable. Il est absolument impossible en faisant passer, dans ces filtres, des eaux non épurées, à teneur constante, d'obtenir des eaux épurées ayant chaque jour la même teneur en matière organique et en bactéries. Les variations sont très grandes et tiennent à la formation de *renards*, détruisant en un point la bonne marche de la filtration ; du reste, à ce sujet, il faut remonter aux principes admis par tous ceux qui se sont occupés de la purification des eaux par le sable et qui sont les suivants, en observant que le repos des eaux a une importance capitale au point de vue de la purification et qu'il est nécessaire de placer des bassins de dépôt en tête des appareils de filtration :

1° Laisser reposer les eaux aussi longtemps que possible avant la filtration ;

2° Filtrer aussi lentement que possible ;

3° Employer des couches de *sables mélangés* aussi épaisses que possible; je dis sables mélangés, parce que le vide dans du sable fin est le même que dans du sable gros, ainsi que l'indiquent les expériences de M. Dutoit, et que ce vide diminue à tel point, quand les sables sont mélangés, que le sable de Juvisy, véritable sable d'entrepreneur, ne contient que 26 0/0 de vide, tandis que chaque élément pris en masse en contient 39 0/0. La perfection d'un filtre tient à son minimum de vide.

4° Renouveler fréquemment la matière filtrante et surtout la couche de limon qui se dépose sur le sable. L'influence de cette couche a été démontrée expérimentalement et il est prouvé que tant que cette couche n'est pas formée, la purification de l'eau est insuffisante;

5° On attribue aujourd'hui une telle importance à ces faits que lorsqu'on remet un filtre en route, après nettoyage, on y abandonne l'eau pendant douze heures; au bout de ce temps, on commence à le faire fonctionner avec une grande lenteur. Il est, de plus, recommandé d'évacuer au dehors, pendant un certain temps, les eaux de filtration jusqu'à ce que le régime normal soit établi ;

6° Le limon et le sable seuls ne donnent pas de bons résultats, mais leur action combinée est décisive; elle est augmentée si le sable contient une notable proportion de poussier de coke ;

7° La couche de limon n'arrête pas tous les microbes, mais le *sable mélangé*, c'est-à-dire, avec le minimum de vide, joue un rôle très actif.

Donc, avec les résultats sérieux, excellents au point de vue de l'arrêt des microbes, mais incomplets au point de vue de la matière organique, insignifiants dans le cas d'eaux troubles, et en présence des difficultés que l'on éprouve, tant à Neuilly-sur-Marne et à Saint-Maur, qu'à Choisy-le-Roi, pour obtenir une constance dans la qualité de la filtration, si on vient parler d'ozoniser 110 000 m^3 par jour, M. Brard croit bon de dire qu'avant de se lancer dans cette innovation, il sera encore préférable d'employer le filtre en sable avec la couche de limon, pour lequel on a des renseignements expérimentaux d'assez longue durée ; mais cela est inutile, puisqu'il suffit d'étancher les gouffres d'absorption.

M. LE PRÉSIDENT remercie M. Brard d'avoir ainsi complété ses intéressantes observations sur la filtration.

Cette question de la filtration pourra, du reste, revenir utilement au moment de la communication que M. Puech doit faire sur ce même sujet.

Le procès-verbal de la dernière séance est ensuite adopté.

M. LE PRÉSIDENT a le regret d'annoncer le décès des Collègues dont les noms suivent :

M. P.-E. Chalain, Membre de la Société depuis 1869, ancien élève de l'École Centrale (1867) a été attaché au bureau des Études du chemin de fer de Ceinture (rive droite), ancien répétiteur du cours de chemins de fer à l'École Centrale, Ingénieur au chemin de fer de l'Est;

M. L. F.-M. Hubert, Membre de la Société depuis 1897, ancien élève de l'Ecole Centrale (1886), Inspecteur du service central de la traction au chemin de fer du Nord;

M. Gustave Simon, Membre de la Société depuis 1875, ancien élève de l'Ecole des Arts et Métiers de Châlons (1853) et de l'École Centrale (1862) a été Ingénieur des hauts fourneaux et fonderies de Givors, Ingénieur à la direction des usines du Creusot.

Par contre, M. LE PRÉSIDENT est heureux d'informer la Société que notre Collègue, M. D. Favette, a été décoré de la 4e classe de l'Osmanieh.

Parmi les ouvrages reçus, M. LE PRÉSIDENT signale plus spécialement les suivants, remis par notre vice-Président, M. E. BADOIS, pour la Commission des Études Coloniales :

1° Le rapport au Sous-Secrétaire d'État aux Colonies, par M. le commandant Andry;

2° L'extrait des procès-verbaux du Comité des Travaux publics des Colonies;

3° Le rapport spécial sur le prolongement de Bafoulabé au Niger, par M. le commandant Marmier, chef d'étude;

4° Le rapport sur la section Kita-Bamakou-Toulimandio, par M. le commandant Joffres;

5° Les tracés et profils en long de ces lignes, à l'échelle de 1/10 000 depuis Bafaloubé.

Ces divers documents proviennent de l'Imprimerie nationale (1894).

La liste de ces ouvrages ainsi que celle des autres reçus par la Société seront insérées à la suite du Procès Verbal par ordre de spécialité.

M. LE PRÉSIDENT donne avis de l'institution d'un Congrès international de sauvetage et des premiers secours qui doit avoir lieu en 1900, à Paris, du 17 au 23 juillet. Les documents relatifs à ce Congrès sont déposés au Secrétariat, où nos Collègues pourront en prendre connaissance

M. LE PRÉSIDENT informe les Membres de la Société que l'ouverture de l'École Spéciale d'Architecture doit avoir lieu, samedi 11 novembre, à 2 heures, au siège de l'École, 136, boulevard Montparnasse, sous la présidence de M. Duclaux.

M. le Président donne avis que l'Administration du Panorama de la Bataille d'Iéna, l'a informé que les Membres de la Société, accompagnés ou nom de leur famille seraient admis sur la présentation de leur carte de Membre, audit panorama, avec une réduction de moitié sur le prix d'entrée.

L'ordre du jour appelle la communication de MM. P. Arbel et R. Soreau sur le 28e *Congrès de l'Association française pour l'avancement des sciences*, qui s'est tenu à Boulogne et auquel nos Collègues ont bien voulu représenter la Société.

M. R. Soreau analyse les communications présentées aux 3e et 4e sections, qui réunissaient le Génie civil, le Génie militaire et le Génie naval; il retient aussi quelques mémoires présentés dans les sections de Mathématiques, de Mécanique et de Physique, en raison de l'intérêt qu'ils offrent pour les Ingénieurs.

Les 3e et 4e sections avaient mis à l'étude deux questions : la résistance au mouvement des corps flottants, et l'automobilisme sur route, questions sur lesquelles des rapports avaient été préalablement élaborés et distribués. Deux séances avaient été réservées à ces questions; deux autres séances ont été consacrées aux communications diverses, que notre Collègue analyse en les classant par spécialités.

Architecture navale. — M. Terré, Ingénieur en chef de la Marine, traite de la résistance au mouvement en milieu indéfini; il expose les méthodes pour mesurer la résistance totale, et notamment celle des petits modèles.

M. de Mas, Inspecteur général des Ponts et Chaussées, traite de la résistance au mouvement dans les canaux; il rappelle ses expériences sur le matériel de la batellerie, et en établit une classification générale.

M. Turc, lieutenant de vaisseau, propose d'atténuer le tangage en donnant aux navires une forme telle que sa période atteigne 20 secondes.

Notre Collègue M. Duroy de Bruignac complète sa communication de l'année dernière sur un procédé de calcul pour mesurer la résistance des carènes.

Notre Collègue M. Soreau expose ses expériences pour déterminer l'influence de l'allongement dans la résistance à l'avancement du plan mince. Il élargit la question en montrant que, si on connaissait la résistance en chaque point et la part qui revient, dans cette résistance, à la pression avant et à l'aspiration arrière, on pourrait pénétrer les lois des actions réciproques des filets fluides, et ramener la détermination des carènes et des hélices à un problème de mécanique rationnelle.

M. Fontaneau indique de nouvelles transformations des équations fondamentales de l'Hydrodynamique.

M. Ravier, Ingénieur de la Marine, présente un appareil perspectif pour corriger, par simple lecture, la déviation de la boussole dans les navires en fer.

Notre Collègue M. Casalonga présente un nouveau dispositif à rouleaux qui peut être transformé en boîte à fusée pour véhicules, ou en palier de butée pour arbres d'hélice .

Automobilisme sur route. — MM. Cuénot et Mesnager, Ingénieurs des Ponts et Chaussées, déposent leur rapport sur l'automobilisme, au triple point de vue du moteur, du véhicule et de la circulation. Ils établissent une comparaison entre un service par automobiles et un service par tramway, d'après la subvention départementale qu'il faudrait allouer.

M. le colonel Detalle envoie une note sur le nouveau fourgon électrique des Sapeurs-Pompiers de Paris.

Notre éminent Collègue M. le major général de Wendrich lit un travail sur la nécessité d'organiser le personnel et le matériel des chaussées et des voies navigables au point de vue commercial et stratégique.

M. Bricka, Inspecteur général des Travaux publics au Ministère des Colonies, communique une note de M. de la Valette, Ingénieur civil des Mines, sur l'emploi des automobiles aux Colonies. L'auteur signale les expériences qui vont être entreprises au Soudan et à Madagascar.

Notre Collègue M. Soreau décrit les expériences de M. Ringelmann, professeur à l'Institut agronomique, pour substituer l'alcool au pétrole dans les moteurs.

M. Pasqueau, Ingénieur en chef des Ponts et Chaussées, fait adopter un vœu pour reviser la tarification du transport des automobiles par voie ferrée, et pour améliorer les conditions de ce transport.

Travaux publics et construction. — M. Vassel, secrétaire général de l'Institut de Carthage, préconise un chemin de fer transsaharien passant par la Tunisie, avec création d'un port au fond du golfe de Gabès. Il indique les voies et moyens pour réaliser, sans subvention ni garantie, un chemin de fer entre Bizerte et les gisements de phosphates du Nord-Ouest tunisien.

M. Voisin, Ingénieur en chef des Ponts et Chaussées, donne quelques détails sur la construction de la digue du port en eau profonde de Boulogne, dont le prix par mètre courant a été très inférieur à ceux des autres digues de hauteurs comparables.

M. Féret, chef du laboratoire des Ponts et Chaussées de Boulogne, fait connaître ses travaux sur l'amélioration des mortiers de ciment Portland par l'addition de pouzzolanes en poudre fine, qu'on peut substituer pour plus de moitié au ciment.

Le même auteur étudie la flexion des prismes imparfaitement élastiques, d'abord dans le cas où ils sont homogènes, puis en les supposant hétérogènes. On peut faire une heureuse application de ce dernier cas aux poutres en ciment armé.

M. Considère, Ingénieur en chef des Ponts et Chaussées, étudie l'équilibre moléculaire des mortiers en béton armé, et indique les propriétés mécaniques qui les distinguent des mortiers et bétons non armés.

M. Houpeurt, Ingénieur des Ponts et Chaussées, expose les procédés employés pour la réfection du pont métallique d'Étaples, en coupant les travées paires et en les rattachant au reste de l'ouvrage par des articulations.

Navigation. — M. Cauchy donne d'intéressants renseignements sur les bateaux démontables en aluminium.

M. Lefebvre indique quelques applications nouvelles du filage à l'huile.

MM. La Rivière et Bourguin, Ingénieurs en chef des Ponts et Chaussées, présentent leur étude sur la traction des bateaux par le procédé dit cheval électrique.

Chemins de fer. — Notre Collègue M. Suais, directeur de la Compagnie des Chemins de fer Éthiopiens, préconise l'emploi du mazout pour le chauffage des locomotives, sous réserve de certaines conditions de prix et d'exploitation qui peuvent se trouver réalisées dans les chemins de fer de pénétration en Afrique. La Compagnie des Chemins de fer Éthiopiens pense obtenir ainsi une économie annuelle de 60 000 *f* sur son réseau de 300 *km*.

Mécanique et ses applications. — M. Godard, directeur des ateliers Delaunay-Belleville, présente un travail sur le chauffage des chaudières au pétrole, seul ou mélangé au charbon. Il donne d'intéressants renseignements sur les pulvérisateurs et sur la vaporisation obtenue.

M. Ravier, Ingénieur de la Marine, examine les accidents des chaudières à tubes d'eau et décrit l'appareil qu'il a imaginé, avec M. Janet, pour assurer l'obturation en cas de rupture du tube.

M. Rateau, Ingénieur des Mines, devait faire sur les turbines à vapeur une communication qui n'a pas eu lieu. M. Soreau en prend texte pour dire quelques mots d'une prochaine application d'une turbine Rateau de 1 000 *ch*, pesant 3 *kg* par cheval, et marchant à 1 800 tours. Cette turbine recevra la vapeur d'une chaudière due au colonel Renard, et actionnera directement l'hélice d'un torpilleur.

Notre Collègue M. Casalonga présente un projet de moteur dont le rendement atteindrait 58 0/0; il expose, à cette occasion, ses vues sur la thermodynamique. Cette communication a donné lieu à une discussion où M. Soreau a indiqué quelle est la véritable signification du principe de Carnot, et montré le lien qui rattache ce principe à la thermodynamique des moteurs réels.

M. Henry, Ingénieur en chef de la Marine, lit un mémoire sur les aéroplanes.

Électricité. — M. Blondel, professeur à l'École des Ponts et Chaussées, expose les inconvénients de la dualité entre le système C. G. S. et le système dit pratique; il conclut à l'urgence d'adopter le premier, sous certaines conditions qu'il indique.

M. Turpain, professeur à la Faculté des Sciences de Bordeaux, estime que l'application des ondes hertziennes à la télégraphie sans fils n'est possible que pour les petites distances, et il en préconise l'emploi dans la télégraphie avec fils pour obtenir des intercommunications simultanées. Il présente les appareils qu'il a imaginés dans ce but.

M. Amans présente un phonographe à long banc.

Communications diverses. — M. Gossart présente une lampe à acétylène à tubes capillaires.

M. Blondel, professeur à l'École des Ponts et Chaussées, reprend ses travaux bien connus sur les lentilles industrielles et les projecteurs de lumière.

Notre Collègue M. Casalonga décrit un fumivore imaginé par M. Mugna.

M. Secrétan présente un scrutateur optique pour l'examen intérieur des tubes métalliques.

M. Béghin, professeur à l'École des Arts industriels de Roubaix, présente un nouveau modèle de règle à calcul.

M. Poisson rappelle les résultats que Chambrelent a obtenus par les plantations dans les Landes, et cite les expériences faites sur la côte boulonnaise.

M. Petiton, Ingénieur civil des Mines, parle des accidents dus aux meules artificielles, et des moyens de les éviter.

Mention est faite d'une notice de notre Collègue M. Grosseteste sur les origines et l'emploi du mot rail dans la langue française.

M. LE PRÉSIDENT, avant de donner la parole à M. Arbel, tient à féliciter et à remercier tout particulièrement M. Soreau de la brillante conférence qu'il vient de faire, et de la façon très remarquable dont il a représenté la Société à ce Congrès où il a, en son nom personnel, présenté un travail qui a été unanimement remarqué et apprécié.

M. P. ARBEL donne d'intéressants renseignements sur les principales visites et excursions faites par les congressistes.

La visite du port en eau profonde de Boulogne a eu lieu sous la conduite de M. Thanneur, Ingénieur en chef des Ponts et Chaussées, qui a expliqué l'économie du projet primitif adopté par le Parlement, et a indiqué les excellents résultats obtenus avec la digue Carnot, seule partie du projet réalisée à ce jour.

Une autre visite à la station centrale des tramways électriques de Boulogne et sur le réseau a permis d'apprécier les difficultés de l'exploitation, en raison des déclivités qui atteignent 95 et même 100 *mm* par mètre. Le transport de force est fait par trois feeders, l'un aérien et les deux autres souterrains. Le retour du courant se fait par les rails, dont la continuité est assurée par des rail-bounds du type Chicago.

A la Société des Ciments français et de Portland, on a pu juger de l'importance de cette industrie, où la région boulonnaise tient la première place. Dans cette région, la production a atteint 638 000 *t*, contre 450 000 *t* de ciment à prise lente et 100 000 *t* de ciment à prise rapide pour le reste de la France.

Une autre grande industrie de Boulogne est la fabrication des plumes et des crayons. Les congressistes ont parcouru la fabrique de MM. Baignol et Farjon, et ont pu se rendre compte de la délicatesse des opérations multiples où le rôle de l'outilleur est prépondérant.

Outre ces visites locales, les membres du Congrès ont fait une excursion finale à Douai et dans les environs.

Aux fonderies Wauthy, les plus importantes de la région du Nord, ils ont pu voir un outillage moderne très puissant, et ont assisté à la coulée d'un demi-volant de 7 *m* de diamètre et 2 *m* de largeur de jante à 32 câbles, du poids de 22 *t*. Une série de cylindres à vapeur de 15 *t* et de bâtis de 22 *t* donnaient bien l'idée de la puissance de la fabrication.

Aux Forges de Douai, la halle de forge possède, entre autres, un pilon de 30 *t* muni d'une chabotte de 165 *t*, et desservi par deux ponts roulants électriques de 25 et 45 *t*. L'atelier d'ajustage est également des-

servi par un pont roulant électrique, et les machines-outils sont très puissantes. L'emboutissage comprend, en particulier, une presse de 350 *t*, ayant un plateau de 3,10 *m* entre montants. Une station centrale électrique porte la lumière et le mouvement dans toutes les parties de l'usine; en outre, une installation d'air comprimé actionne divers appareils.

Aux mines de Lens, on a visité une cité ouvrière, une fosse, l'usine à récupération, les fours à coke, les laveries, et le port d'embarquement. Il convient de signaler plus particulièrement la disposition des fours à coke, dont les gaz sont récupérés pour être débarrassés de leurs sous-produits : une partie de ces gaz va être utilisée pour l'installation d'une usine à carbure de calcium. Le port d'embarquement est remarquablement aménagé, avec ses 30 tremies de chargement automatiques. Pour donner une idée du développement des mines de Lens, M. Arbel rappelle que la production, de 100 000 *t* environ en 1860, a passé à plus de 3 000 000 en 1899.

La visite des Aciéries de France à Isbergues présentait un intérêt tout particulier en ce qu'on a trouvé réunis tous les genres de production de la matière première métallurgique : coke, minerais, hauts fourneaux, aciéries Bessemer et Martin, fonderie de fonte et d'acier, laminage des produits marchands. Les installations récentes sont : un transport aérien, un lavoir à charbon de 300 *t* par vingt-quatre heures, et une série de fours verticaux. Le blooming a été complètement remanié.

MM. La Rivière et Bourgeois, Ingénieurs des Ponts et Chaussées, ont expliqué sur place le fonctionnement et les avantages du cheval électrique système Galliot, pour la remorque des bateaux. C'est une sorte de locomotive routière sans rails, qui emprunte le courant à un câble aérien et qui hâle les bateaux à une vitesse double ou triple de la traction animale. Alors que cette dernière demande, suivant les circonstances, de 1 à 2,50 *f* par tonne kilométrique, la Société électrique fait, en tout temps, le transport à 0,90 *f*. Cette industrie, qui n'a qu'un an et demi d'existence, se développe rapidement sur tout le réseau des canaux du Nord.

Une visite à l'ascenseur des Fontinettes, décrit bien des fois, mais toujours impressionnant, intéresse vivement les congressistes. On sait que cet ascenseur est une véritable balance hydrostatique formée de 2 sas liés aux pistons de deux grandes presses hydrauliques. Le chiffre de dépense et d'entretien inscrit au budget n'est que de 14 000 *f* par an, ce qui ferait 1 *f* pour chacun des 14 000 bateaux qui s'en servent annuellement, si l'emploi de cette véritable œuvre d'art n'était gratuit.

Au cours de sa communication, M. Arbel présente de nombreuses projections des usines, ateliers, machines et ouvrages visités par les congressistes.

M. le Président remercie vivement M. Arbel des détails si intéressants qu'il vient de donner sur les excursions faites par le Congrès et de la peine qu'il a prise pour réunir les documents et les vues relatifs à ces excursions.

M. Casalonga, avant qu'il ne soit passé à l'ordre du jour, demande à

présenter une observation au sujet de la communication que vient de faire notre Collègue M. Soreau. Il ne s'attendait pas à l'honneur de voir rapportée la communication qu'il a faite au Congrès de l'Association française pour l'avancement des Sciences. Comme cette communication contient des conclusions importantes, et que M. Soreau a rappelé la réfutation qu'il en a présentée au Congrès, notre Collègue demande que M. le Président veuille bien ouvrir à ce sujet une discussion où les différentes opinions pourront être émises.

M. LE PRÉSIDENT pense qu'une discussion sur ce sujet viendrait naturellement à la suite de la communication prochaine que M. Diesel doit faire sur son moteur. Dans cette discussion, tous les problèmes de thermodynamique pourront être envisagés, et à leur véritable place. Il propose donc à M. Casalonga de remettre à ce moment l'exposé de ses idées.

M. LE PRÉSIDENT, avant de donner la parole à M. Delmas sur les *Récentes installations électriques aux États-Unis*, dit que notre Collègue, dans un voyage qu'il vient de terminer, avait bien voulu recueillir pour la Société les renseignements dont il va nous faire part. Il l'en remercie donc bien vivement et le prie d'agréer ses regrets pour le peu de temps qui lui reste pour faire cette intéressante communication.

M. Marcel DELMAS expose les remarques qu'il a faites au cours de son récent voyage aux États-Unis, sur les principales applications de l'électricité.

M. Delmas dit qu'il était déjà allé l'année précédente aux États-Unis, et qu'il avait fait paraître dans le *Génie Civil* une série d'études sur le même sujet. La présente communication vise l'état de la question en octobre 1899, à la suite d'un second voyage qu'il vient de faire.

Comme traction électrique, M. Delmas signale la prochaine transformation de l'Elevated de New-York, qui va remplacer la traction à vapeur par la traction électrique, avec une usine de 64 000 *ch* (pouvant en donner 96 000). Il analyse les conditions économiques et techniques du projet.

M. Delmas parle ensuite du Métropolitain de Boston, inauguré il y a presque un an. L'affluence du public est telle que les promoteurs regrettent de n'avoir pas construit les gares plus grandes. La ventilation est parfaite. Il analyse ensuite le traité passé entre la Ville de Boston et le concessionnaire, les résultats financiers, qui sont favorables, et l'intensité du trafic. A certaines heures, il y a, par minute, de deux à trois départs d'automobiles pour une seule station, avec une affluence de 12 000 voyageurs à l'heure dans cette station, soit près de huit fois la capacité d'écoulement de notre ligne Madeleine-Bastille. Il compare les chiffres de Boston avec ceux des tramways de Paris. La dépense totale par kilomètre-voiture est de 0,69 *f* à Boston, contre plus d'un franc à Paris.

Sur l'éclairage électrique, il analyse les résultats des essais faits pour égaliser la consommation, aux différentes heures de la journée, en appliquant un tarif variable, suivant ces heures, au moyen d'un compteur à double tarif, qui coûte 125 *f* de plus qu'un compteur ordinaire, et donne au client le tarif réduit avant cinq heures du soir, avec une seule

canalisation chez l'abonné. Une usine d'électricité de New-York a pu ainsi accepter des abonnés à 0,10 *f* le kilowatt, le jour.

M. Delmas, sur le chauffage électrique, signale un restaurant, qui emploie exclusivement ce chauffage, et sert une moyenne de 300 déjeuners, à midi.

Pour l'électrochimie, il passe en revue les usines du Niagara. Une seconde usine de soude et chlorure de chaux emploira 3 000 *ch*. Une fabrique de graphite prendra 1 000 *ch*. Une fabrique de plomb électrolytique en prendra également 1 000. L'aluminium et le carborundum se sont augmentés. Le carbure de calcium, qui n'employait que 4 000 *ch* l'année passée, va en prendre 25 000. Le chlorate de potasse passe de 1 100 *ch* à 2 200 *ch*.

Comme transport de force, il analyse la situation de la Compagnie du Niagara, qui vend environ 15 000 *ch* à Buffalo, à 25 ou 30 *km*, pour les Compagnies d'éclairage, de tramways, et la distribution de force motrice industrielle. La courbe du débit quotidien des kilowatts du Niagara est remarquablement horizontale. La première usine de 50 000 *ch* va être terminée cet hiver, par la mise en marche des deux dernières unités de 5 000 *ch*, et l'on vient d'adjuger la construction d'un second bâtiment, et des travaux hydrauliques, pour une seconde usine de 50 000 *ch*. La situation financière de la Compagnie paraît excellente, avec une forte hausse possible et probable sur les actions.

Comme ateliers de construction, M. Delmas analyse principalement la General Electric C°, qui emploie maintenant 9 000 ouvriers. Le chiffre des ventes paraît augmenter énormément, et l'entente réalisée avec la Société Westinghouse, qui a absorbé la C° Walker, a rendu les affaires plus faciles. On attaque les dimensions de 8 000 *ch* comme dynamos, et 1 800 kilowatts comme transformateurs statiques. La Compagnie a construit un transport de force à 120 *km*. Ailleurs, elle a une transmission avec 40 000 volts, avec plein succès, et sans aucun accident à ce jour. La situation financière de la Compagnie s'est grandement améliorée, et l'analyse du bilan et des ventes laisse entrevoir un avenir brillant pour les actionnaires, selon toutes prévisions.

M. Delmas complète les renseignements qu'il avait donnés l'an passé sur les Universités américaines, et spécialement sur celles qui reçoivent les élèves-ingénieurs. Il montre le budget de la Cornell University, exclusivement alimenté par les produits de la fortune personnelle de l'Université, qui est de 50 millions de francs, dont 34 millions placés en valeurs, d'un revenu moyen de 5,82 0/0, et le reste improductif, bâtiments, matériel, etc. Le total des recettes est de 3 200 000 *f*, en y comprenant les 630 000 *f* que produisent les droits d'inscription des étudiants.

M. Delmas termine par quelques mots sur l'observatoire de Washington et les nouvelles méthodes d'observation de l'atmosphère, au moyen de cerfs-volants scientifiques, qui montent à 3 *km* de hauteur, et permettront l'étude de l'électricité atmosphérique.

M. LE PRÉSIDENT remercie encore une fois M. Delmas d'avoir bien voulu faire profiter ses Collègues de son très instructif voyage.

Il est donné lecture en première présentation des demandes d'admission de MM. P. Boivin, F. Castellan, L. Chavanis, L. Lacrampe, Ch.-J.-P. Lemercier, J.-E. Michaut et U.-P. Polge, comme membres sociétaires.

MM. J. Bassée, P. Blache, Ch. Blet, F,-G. Bocquet, S. Boussiron, N. Cadet de Vaux, V.-A. Deguy, V.-A. Deroualle, M.-P.-A. Desfontaines, R. Dufer, L. Duguey, B. Eppinger, P. Fougerolle, L. Fourré, Ch. François, B. Garczynski, G. Hertzog, R. Kiener, H. Labrot-Brousse, G. Lamboi, H. de Lavalette, P.-P. Lebrou, L.-P. Magne, F. Maisonnier, L. Maugras, L.-J. Mékarski, R. Michau, A.-M. Michel, E. Normandin, Ch. Pellegrin, V. da Silva Freire, P. Tournayre, L.-E. Vallée, sont reçus Membres sociétaires, et M. F. Ferron, Membre associé.

La séance est levée à onze heures et demie.

Le Secrétaire,
Georges Courtois.

PROCÈS-VERBAL

DE LA

SÉANCE DU 17 NOVEMBRE 1899

Présidence de M. G. Dumont, Président.

La séance est ouverte à huit heures et demie.

A propos du procès-verbal de la dernière séance, M. le Président fait connaître qu'il a reçu de M. E. Cacheux, une note complétant les informations relatives au Congrès de l'Association française pour l'avancement des Sciences communiqués par MM. R. Soreau et P. Arbel à la dernière séance. M. Cacheux informe ses Collègues qu'il a fait à ce Congrès deux communications.

La première, sur l'*Intervention en Allemagne des pouvoirs publics et notamment des municipalités dans la question des habitations à bon marché*, après discussion le vœu suivant a été adopté : « Voir promulguer dans un délai rapproché la loi sur l'hygiène publique qui, adoptée par la Chambre, a été rejetée par le Sénat ».

La deuxième communication est relative à l'*Application de la coopération à l'amélioration de l'état matériel du marin-pêcheur français.*

M. le Président ajoute que M. R. Soreau n'a pas eu à parler de ces deux communications qui ont été présentées en dehors des 3e et 4e sections du Congrès de Boulogne, seules analysées par nos Collègues.

M. Cacheux a complété également les renseignements sur le Congrès international de sauvetage de 1900 qui a été annoncé dans la dernière séance. Plusieurs de nos Collègues ont été nommés rapporteurs de la

section des accidents du travail dont il est président : MM. Mamy, Max de Nansouty, Chalon, de Baecker. Comme on le voit, les Ingénieurs civils s'occupent plus que jamais des questions si intéressantes des accidents du travail.

M. le Président informe la Société qu'il a reçu, à propos de la communication de M. Brard sur les Eaux de l'Avre, une lettre de notre Collègue M. Boursault.

Dans cette lettre, M. Boursault tient à compléter les observations présentées par lui en séance. Il réfute l'opinion admise par quelques hygiénistes et émise par M. Hubou, qu'il faut refuser toute eau de nappe recevant des infiltrations d'eaux superficielles, il faut d'après lui, rechercher les eaux qui ont mis le plus de temps à passer de la surface du sol à la nappe en question et éliminer les eaux qui ne sont pas primitivement assez bonnes, car la filtration est un procédé d'amélioration rarement parfait.

En ce qui concerne la filtration spéciale au-dessus des mardelles-bétoirs, M. Boursault est de l'avis de M. Brard quand il dit que la matière filtrante pénétrera jusqu'au fond de la cavité naturelle ; toutefois, le filtre employé devra être près du sol pour permettre l'action oxydante et purifiante de l'air ; il suffira pour cela de prendre les dispositions nécessaires pour empêcher la chute des matières filtrantes. Il faut éviter que les eaux arrivent à la nappe avec une teneur élevée en corps réducteurs.

Quant aux microbes eux-mêmes, les analyses ont montré que dans un sol moyen il n'y en avait plus à une profondeur relativement faible, l'eau en pénétrant dans les premières couches du sol, a perdu le peu d'oxygène qu'elle contenait en dissolution les espèces microbiennes aérobies sont mortes mais n'ont pas été retenues, l'eau est stérilisée indépendamment du filtre.

La question de préserver les éléments du filtre a été également traitée par M. Boursault, il est d'accord avec M. Brard en ce qui concerne la lenteur nécessaire du passage de l'eau, mais il ne faudrait pas cependant croire que le rapport du vide au plein des matériaux donne seul la valeur mathématique du sol, et en s'appuyant sur une heureuse comparaison, il conclut que, dans un filtre à sable, plus les éléments sont petits plus la filtration est parfaite.

M. Boursault termine en rappelant qu'il ne regarde la filtration artificielle que comme un palliatif, une eau profonde bien choisie devant toujours être préférée à toute autre ; la recherche des eaux potables est donc avant tout une question géologique.

M. E. Hubou demande la parole au sujet de l'adoption du procès-verbal. Il reprend d'abord la lettre de notre Collègue M. Portevin : il dit qu'en citant les eaux de Reims, il n'a fait que reproduire les termes mêmes du rapport de la Commission de Lille et que, par suite, la rectification adressée à M. le Dr Calmette s'applique entièrement à ce qu'il a dit.

Il arrive ensuite aux critiques de M. Brard : celui-ci lui reproche d'avoir considéré comme inefficace et négatif le procédé qu'il préconise

d'oblitérer les entonnoirs d'engouffrement : M. Hubou a simplement dit que ce procédé paraissait insuffisant et que les travaux d'oblitération seraient tout au plus des palliatifs : il se fonde à cet effet sur le mémoire même de notre Collègue pour en déduire, non par intuition, mais d'après ses propres observations, des conclusions différentes.

Pour toutes les diverses causes de contamination des sources, il suffit, d'après M. Brard, de rendre étanches les trous d'engouffrement : il ne s'agit pas pour lui de remplir de matières filtrantes ces entonnoirs sur lesquels, comme le dit très bien M. Ferray, il manque le filtre : il faut qu'ils soient rendus *imperméables* aux eaux de surface.

M. Brard a reconnu un certain nombre de ces entonnoirs, de ces *boit-tout*, bétoirs ou mardelles ; selon ses propres expressions, *tout le pays s'effondre*, et pour empêcher ses eaux de surface de se rendre directement aux sources, il suffirait, d'après lui, sur 73 mardelles-entonnoirs qu'il a reconnues, d'en étancher 10 qui reçoivent les égouts des terres, d'en laisser par conséquent 86 0/0 dans l'état actuel ; d'étancher de même 52 mardelles-bétoirs créés dans les ruisseaux et dans les prairies. M. Hubou demande si, en étanchant seulement ces 62 points dangereux, l'amélioration des eaux de source du bassin de l'Avre sera suffisante et si M. Brard peut nous garantir qu'elles arriveront ensuite à Paris indemnes de toute contamination dangereuse.

Même si ces travaux d'oblitération sont exécutés aussi bien que possible comme ceux des Ponts et Chaussées de l'Eure pour les bétoires des rivières d'Avre et de Saint-Maurice, on peut se demander s'ils résisteront longtemps aux sous-pressions. Donnera-t-on au sol qui s'effondre la solidité qui lui manque ? Empêchera-t-on l'affaissement général du terrain ? Une mardelle-entonnoir ayant été supprimée, ne va-t-il pas s'en créer une autre à côté, correspondant à la même cavité souterraine, au moment des pluies d'orage par exemple ? M. Brard dit que ce fait ne pourra se produire que tous les 6 ou 7 ans : c'est peut-être bien s'avancer que de fixer une période aussi lointaine à des affaissements toujours possibles. A ce sujet, il est en désaccord avec M. Martel, le spéléologue distingué, qui dit que l'étanchement des bétoirs est impossible à réaliser. Il le réfute pour les bétoirs, excavations sans profondeur, à la condition que leur oblitération ait été faite avec toutes les règles de l'art : mais en sera-t-il de même pour les mardelles-entonnoirs qui, elles, correspondent à des excavations souterraines en profondeur, souvent à de véritables cavernes ?

Les travaux d'étanchement que propose M. Brard serviront surtout aux propriétaires des prairies d'aval qui, actuellement, ne peuvent profiter des eaux d'irrigation déversées dans les prairies d'amont dont les fonds sont de véritables trous d'engouffrement : mais c'est là une question locale intéressant seulement les propriétaires terriens de la région de Verneuil.

La question est autre et plus haute : le seul point qui doive nous préoccuper c'est l'utilisation à Paris des eaux de source de l'Avre et l'on ne peut affirmer que les quelques travaux d'oblitération qu'il préconise suffiront pour que les eaux de surface, imparfaitement filtrées dans des terrains qui sont de véritables champs d'effondrement, par suite suscep-

tibles d'être contaminées, ne se mélangent plus aux eaux de source. Ces travaux pourront peut-être diminuer la proportion actuellement supérieure à 50 0/0 de ces eaux de surface et, à ce titre ils peuvent être utiles, mais ils ne suffiront pas pour affirmer qu'ensuite nous boirons à Paris une eau ni suspecte ni douteuse.

Dans ces conditions, il paraît nécessaire, en outre, de surveiller ces eaux comme l'ont demandé pour les eaux de la Vanne MM. les docteurs Thoinot, de Paris, et Moreau, de Sens, pour les eaux du Bocq, M. le docteur Cheval, à Bruxelles, c'est-à-dire de créer un service de renseignements sanitaires et bactériologiques, *continu et permanent*, non seulement à Paris, *mais à l'origine même des sources*.

Dès que ces eaux auront été reconnues suspectes, pendant le temps qu'elles seront troubles, il sera nécessaire de les stériliser par un procédé quelconque d'une efficacité reconnue, ozonisation ou autre.

M. Hubou partage l'avis de M. Boursault, que la filtration naturelle voudra toujours mieux que la filtration artificielle, mais à condition que les couches filtrantes opèrent bien leur fonction : ce qui n'est pas le cas pour les eaux de l'Avre. En vue d'obtenir une eau privée de germes pathogènes, il a cité, à simple titre d'exemple, le procédé d'ozonisation qui lui paraît être appelé à un grand avenir. Notre Collègue, M. Otto va, tout à l'heure, nous faire connaître ce qu'on est en droit d'attendre de ce procédé et nous dira s'il permet, comme en paraît douter M. Brard, de réaliser la stérilisation de 100 000 *mc* d'eau par vingt-quatre heures.

M. Hubou ajoute en terminant que toute cette discussion n'a pour le moment qu'un intérêt théorique, étant donné que la commission spéciale nommée pour l'étude des pertes de l'Avre doit déposer prochainement son rapport motivé. C'est après le dépôt de ce rapport que cette discussion pourra, s'il y a lieu, être reprise avec plus de fruit.

M. F. Brard répond en quelques mots aux observations présentées, il faut connaître qu'il est d'accord avec l'Ingénieur des Mines qui fait partie de la Commission spéciale dont il vient d'être question; il n'y a qu'à attendre en effet le rapport de celle-ci. M. Hubou, d'après lui, a fait une confusion entre le bétoir qui absorbe 5 *l* et la mardelle-bétoir qui peut absorber jusqu'à 500 *l*.

Quant aux mardelles entonnoirs, il n'y a qu'à empêcher les eaux superficielles de s'engouffrer dans ces effondrements et on enlèvera à coup sûr dans l'eau les quantités de microbes et de matières organiques qui correspondent au moment des grandes pluies; si l'on bouche ces excavations, il y aura certainement amélioration. M. Brard n'a pas entendu dire que ces travaux d'obstruction seront éternels; bien entendu, il y aura besoin d'un entretien d'autant plus qu'il suffira pour interdire l'accès de l'eau de 0,15 *m* à 0,20 *m* d'humus et 0,60 *m* à 0,80 *m* de terre jaune imperméable, puisque c'est cela qui a été détruit par l'effondrement des mardelles-entonnoirs.

Personne n'ayant d'observations complémentaires à présenter le procès-verbal de la dernière séance est adopté.

M. le Président a le regret d'annoncer le décès de notre Collègue le

baron Delort de Gléon, Membre de la Société depuis 1899, ancien élève de l'École des Mines, chevalier de la Légion d'honneur.

M. LE PRÉSIDENT a, d'autre part, à faire connaître les distinctions suivantes : M. G. Griffisch a été nommé officier d'Académie.

Ont été nommés Membres du Conseil supérieur de la Marine marchande : MM. Delaunay-Belleville, Borja de Mozota, E. Duchesne. H. Menier, E. Pereire, J. Rueff.

Ont été nommés Conseillers du commerce extérieur de la France : MM. A. André et L. Weiller.

M. H. Couriot a été nommé Membre du Conseil de surveillance du Conservatoire des Arts et Métiers.

Toutes nos félicitations à nos Collègues.

M. LE PRÉSIDENT informe que la Société a reçu divers ouvrages notamment de notre Collègue M. Cacheux ; la liste, par spécialité, en est donnée à la suite du premier procès-verbal.

M. LE PRÉSIDENT donne avis à la Société de l'organisation de deux congrès :

1° Le congrès international des habitations à bon marché, qui doit se tenir à Paris du 18 au 21 juin 1900 ;

2° Le congrès international d'aquiculture et de pêche, qui doit se tenir à Paris du 14 au 19 septembre 1900.

Les documents concernant ces divers congrès sont déposés au Secrétariat.

M. LE PRÉSIDENT informe les Membres de la Société que M. Brière, Ingénieur en chef de la voie et des travaux au chemin de fer d'Orléans, a bien voulu lui promettre de donner, au commencement de la séance du 1er décembre, quelques renseignements sur la visite qui sera faite le lendemain samedi 2 décembre, aux chantiers du prolongement de la ligne d'Orléans.

Le rendez-vous pour cette visite est dès à présent fixé au samedi 2 décembre, à 8 heures 1/2 du matin, à l'angle des rues de Lille et de Bellechasse.

Cette visite est exclusivement réservée aux Membres de la Société. Les inscriptions de personnes étrangères ne seront pas admises et la carte de membre devra être présentée pour pouvoir pénétrer dans les chantiers.

M. LE PRÉSIDENT fait connaître que, sur la demande de plusieurs de nos Collègues, une nouvelle visite sera faite le dimanche 10 décembre aux chantiers de l'Exposition, sous la direction de M. Max de Nansouty.

On se réunira à 9 heures très précises à la porte n° 1 du Palais de l'Industrie d'où on partira pour visiter successivement : Les Grands Palais, le Pont Alexandre III, la rue des Nations et le quai d'Orsay.

La visite se terminera à 11 heures, sortie au pont de l'Alma.

Comme pour la visite précédente, les membres de la Société seront seuls admis à y prendre part ; la présentation de la carte de membre sera indispensable pour pouvoir pénétrer sur les chantiers.

M. le Président donne la parole à M. Otto pour sa communication sur les *Progrès récents de l'industrie de l'ozone.*

M. M. Otto indique tout d'abord que de nombreux progrès ont été réalisés dans l'industrie de l'ozone depuis la conférence qu'il a faite, il y a deux ans, devant la Société. Il rappelle qu'après avoir décrit ses appareils à lames de verre, qui ont servi de bases aux travaux de plusieurs expérimentateurs, et indiqué les conditions théoriques auxquelles tout bon ozoneur doit satisfaire pour fournir un rendement satisfaisant, il disait, en envisageant l'avenir de l'industrie naissante, que le problème de la préparation industrielle de l'ozone ne sera résolu complètement que lorsqu'on sera arrivé, par un artifice quelconque, à *supprimer les diélectriques et à construire des appareils entièrement métalliques* simples et robustes dont rien ne limitera les dimensions et la puissance. Ce qui s'est, en effet, opposé jusqu'ici au développement de l'ozone, c'est l'emploi d'appareils d'une fragilité extrême et d'une détérioration facile.

La solution apportée par M. Otto au problème proposé est extrêmement simple : elle consiste, pour éviter la formation des arcs et des courts-circuits dangereux dans les générateurs d'ozone, à faire mouvoir les électrodes en les déplaçant l'une par rapport à l'autre. On écarte tout danger et on obtient une production d'ozone extrêmement abondante.

L'orateur a analysé par la photographie les phénomènes qui se passent dans le fonctionnement de la nouvelle classe d'ozoneurs qu'il a créés : les ozoneurs rotatifs.

Il montre, par des projections, la constitution extrêmement curieuse des effluves, des étincelles et des arcs qui jaillissent entre les électrodes de ses appareils lorsqu'on emploie des courants de 25 000 volts. Les effets obtenus sont tout différents de ceux que fournit une machine électro-statique. Avec cette dernière, on peut réaliser une démonstration simple et facile de la loi des répulsions électriques.

M. Otto projette successivement les vues des différents ozoneurs rotatifs qu'il a combinés pour la production en grand de l'ozone.

On peut diviser ces appareils en deux classes :

1° Les ozoneurs à axe horizontal ;

2° Les ozoneurs à axe vertical.

A côté de ces appareils, M. Otto en a imaginé d'autres : ce sont les ozoneurs à amorceur ou interrupteur d'effluves.

Tous ces appareils sont extrêmement robustes et d'un maniement facile. L'orateur en fait fonctionner un modèle sous les yeux des Membres de la Société.

La masse de l'appareil est à la terre, c'est-à-dire au potentiel 0, on peut donc le toucher sans danger en pleine marche.

Des courts-circuits violents et extrêmement dangereux, provoqués volontairement dans l'intérieur de l'appareil, sont instantanément coupés par suite de la rotation des électrodes : c'est la démonstration évidente de la valeur du système. Dans ces conditions, le verre aurait été infailliblement réduit en miettes.

Après avoir indiqué comment on peut produire l'ozone, M. Otto décrit les méthodes qu'il emploie pour le doser. Il aborde ensuite

l'importante question de l'épuration et de la stérilisation des eaux potables par l'ozone ; il rappelle, à ce sujet, la communication qu'il fit le premier, il y a trois ans, à l'Académie des Sciences de Paris, pour expliquer la raison des curieux phénomènes de phosphorescence qui prennent naissance lorsque l'eau impure et l'ozone entrent en contact.

Depuis, une importante usine a été établie à Paris et M. Otto y a exécuté un très grand nombre d'essais avec des eaux de source, de l'eau de Seine et de l'eau du Nil.

On trouvera dans le mémoire les résultats obtenus, qui sont excellents et qui démontrent irréfutablement que *l'eau la moins pure, traitée par l'air ozoné, devient excellente pour la consommation.*

M. Otto décrit les deux types d'appareils qui lui permettent de réaliser en grand l'application de son système :

1° Les stérilisateurs métalliques pour le traitement de petites quantités d'eau ;

2° Les galeries d'ozonisation pour le traitement de masses pouvant atteindre jusqu'à 100 000 m^3 par jour.

M. Otto a pu obtenir, par un dispositif très simple, un résultat très intéressant : à l'aide d'émulseurs de forme spéciale, dont il projette une coupe, il arrive à assurer un contact intime, *molécule à molécule*, de l'ozone et de l'eau à épurer. Il croit ce dispositif préférable à l'emploi de la tour de Gay-Lussac pour favoriser l'action de l'ozone sur l'eau et l'émulseur, même en marchant à une pression très faible, agit admirablement.

M. Otto aborde ensuite la dernière partie de sa conférence, qui a trait aux diverses applications de l'ozone et il projette différentes vues d'appareils qui permettent :

1° De distribuer l'oxygène ozoné ou l'air ozoné ;

2° De stériliser d'une manière parfaite les eaux de table ;

3° De préparer de la glace ozonée en blocs ou en carafes ;

4° De traiter par l'ozone les vins ou les bières en fûts ;

5° D'oxyder à chaud certains liquides et de préparer, en particulier, des huiles siccatives ;

M. Otto décrit ensuite le procédé qu'il a imaginé pour la préparation de l'iodoforme par l'ozone et les perfectionnements qu'il a apportés à l'industrie des matières colorantes.

Il termine en signalant qu'il s'est, avant tout, attaché à réaliser une œuvre d'ensemble. Tout était à créer dans l'industrie naissante de l'ozone, aussi, lorsque le mode de production a été établi, s'est-il efforcé à trouver des moyens simples d'utilisation pratique.

M. Otto exprime l'espoir que des applications nouvelles et fécondes ne tarderont pas à surgir.

M. le Président remercie vivement M. Otto d'avoir bien voulu tenir la Société au courant de ses études, complétant ainsi la question traitée par lui en 1897 et faisant connaître les importants progrès réalisés depuis cette époque dans la production et les applications de l'ozone.

Il demande si quelques-uns de nos Collègues ont des explications ou des observations à présenter.

M. G. Richou remarque que l'ensemble des appareils décrits par M. Otto, tant pour la production de l'ozone que pour son application, paraît présenter un caractère plus nettement industriel et devoir donner un meilleur rendement que ceux qui ont été employés dans les expériences de Lille. La galerie ozonisante avec ses gouttières superposées obligeant le liquide à se répandre en nappes successives semble, en particulier, devoir assurer d'une manière plus complète et plus intime le contact indispensable entre les molécules liquides et les molécules gazeuses. C'est un point capital, car la stérilisation dépend avant tout de la réalisation parfaite du contact cherché et la colonne à coke est toujours exposée à présenter des parties où la circulation de l'eau et du gaz s'effectue dans des proportions inégales.

Les résultats des expériences de Lille sont des plus intéressantes au point de vue bactériologique. D'après les chiffres du Rapport de la Commission officielle, on a opéré sur une eau contenant de 1 000 à 4 000 germes, avec une assez forte proportion de germes liquéfiant la gélatine : l'eau expérimentée était donc suffisamment polluée, quoique ne contenant pas beaucoup de matières organiques, pour que les résultats obtenus permissent de conclure à l'efficacité du procédé en ce qui la concernait.

Par contre, il faut observer que sa composition, du moins pour les échantillons essayés, est sensiblement constante. Qu'arriverait-il avec une eau de rivière dont le degré de pollution au point de vue microbien est d'abord beaucoup plus considérable, et ensuite présente des variations très importantes dans la quantité de matière organique dissoute ou en suspension ? N'y a-t-il pas lieu de craindre qu'outre l'augmentation de la dépense en ozone qui n'influerait que sur le prix de revient, l'incertitude de la quantité de réactif à fournir n'amène à celle des résultats, qu'en un mot on n'obtienne qu'un produit artificiel plus ou moins irrégulier ?

M. Richou examine ensuite la question du prix de revient. Il fait observer qu'avec une application aux eaux de rivière, qui est évidemment celle que doivent viser les inventeurs, la nécessité d'un passage préalable au filtre à sable ne peut faire de doute si l'on veut assurer la perfection du contact entre les molécules gazeuses et liquides. Il y a là, étant donné le chiffre actuel de 0,015 *f* que coûte environ à la Compagnie des Eaux de Paris le filtrage par le procédé Anderson et au sable, une dépense d'au moins un demi-centime à ajouter à celle de la production du kilowatt indiquée par M. Otto.

Quant à cette dernière, elle varie dans des limites fort étendues, comme l'a dit notre Collègue. La quantité de gaz à fournir est également susceptible de varier considérablement suivant l'impureté des eaux à traiter. Enfin avec un réactif aussi énergique que l'ozone humide, on doit prévoir un amortissement bien supérieur à celui qu'on compte ordinairement pour les appareils industriels. M. Otto a parlé, il est vrai, d'éléments émaillés, mais on sait que l'application de l'émail au fer et à la fonte est à la fois onéreuse et peu solide.

M. Richou craint donc que le chiffre de 1 centime donné comme chiffre moyen et qu'il faudrait déjà, comme il l'a montré, porter au moins à 0,015 *f*, ne soit, dans la pratique, très largement dépassé.

M. X. Gosselin demande à présenter quelques observations qui lui ont été suggérées par les expériences de Lille qu'il a suivies au point de vue industriel pendant que MM. Marmier et Abraham les suivaient au point de vue scientifique.

Il ne veut pas entrer dans une discussion détaillée sur le point de savoir si les appareils de M. Otto présentent des qualités industrielles supérieures à celles des appareils de MM. Marmier et Abraham. Toutefois il faut remarquer que, en ce qui concerne l'appareil de stérilisation proprement dit, son objet unique est d'obtenir un mélange intime de l'eau et de l'ozone. Aucun filet liquide ne doit échapper au contact direct de l'ozone. Les moyens proposés pour résoudre le problème sont nombreux. M. Gosselin les passe en revue et dit, en particulier, que la pulvérisation d'un jet liquide avec le gaz ozoné ne peut donner un mélange assez intime pour la stérilisation, que si les pressions employées atteignent une valeur élevée et qui semble prohibitive comme prix de revient quand il s'agit de grands débits.

En ce qui concerne l'ozoneur, toutes choses égales, l'appareil sera d'autant meilleur que l'isolement des électrodes en sera plus facilement maintenu. Or l'isolement des pièces en mouvement est-il plus facile à maintenir que l'isolement des pièces fixes?

Poser la question, c'est la résoudre. Et d'ailleurs le mouvement d'une électrode a pour but de couper les arcs qui se produisent en ordre de marche. Mais au lieu de couper l'arc après sa formation, ne semble-t-il pas préférable d'en empêcher la naissance? On veut bannir l'emploi des glaces dans l'ozoneur? Mais la glace constitue le diélectrique par excellence. Jamais personnellement l'orateur n'a pu, au cours de ses essais, amener le percement d'une glace, si mince fût-elle, par les tensions électriques industrielles.

Peut-on justifier l'emploi des pointes dont certains auteurs ont garni les électrodes de leurs appareils? La question est discutable et comporterait un long développement. En tout cas, la haute concentration nécessaire pour réaliser la stérilisation de l'eau proscrit formellement l'usage des ozoneurs à *faible densité d'effluves*.

Les prix de revient sont variables. Il en est de la stérilisation de l'eau comme de toute opération industrielle. Des facteurs multiples, particuliers à chaque installation, interviennent. Mais on peut affirmer que le prix de l'ozonisation est inférieur à celui de l'adduction de l'eau par une canalisation de grande longueur, lorsqu'on fait, dans les deux cas, intervenir, comme il est juste, les frais d'entretien de l'installation, l'intérêt et l'amortissement du capital engagé.

M. Ed. Badois rend hommage aux procédés très ingénieux de production industrielle de l'ozone qui ont été décrits par M. Otto et par M. Gosselin; mais la discussion qui vient de se produire entre eux ne lui laisse pas l'impression que la solution pratique du problème de l'épuration de l'eau par l'ozone soit aussi avancée qu'ils l'affirment.

Les expériences de Lille ont porté, comme l'a dit M. Richou, sur de l'eau de provenance souterraine, limpide et déjà presque pure, car une teneur de 1 500 à 2 000 microbes par centimètre cube et de 0,7 à 0,8 *mmg*

par litre, sont les caractères d'une eau potable; les analyses de la plupart des eaux de sources, celles de la Vanne et de la Dhuys, ne sont pas meilleures, elles sont souvent pires. De plus, la qualité des eaux de Lille soumises à l'essai est à peu près constante, il en est de même de leur température.

Les résultats seraient-ils les mêmes pour de l'eau de rivière trouble et contenant, comme l'eau de la Seine, une proportion beaucoup plus considérable de matières organiques végétales et animales, et les 35 000 à 50 000 microbes que l'on dénombre par centimètre cube en amont de Paris, pour ne pas parler des centaines de mille qui se trouvent en aval? — Non seulement il faudrait, au préalable, filtrer cette eau pour la rendre claire, comme c'est reconnu, mais il faudrait encore employer une plus grande proportion de fluide ozoné pour détruire un poids double ou triple de matière organique. — D'autre part, les eaux de rivière ne sont pas d'une impureté toujours égale selon leur état d'étiage ou de crue, suivant l'action du soleil ou des brouillards, de la pluie ou des vents; il y a donc des doutes à avoir sur la dose variable de réactif à employer, comme l'a fait observer aussi M. Richou.

Il n'a rien été dit sur l'influence de la température de l'eau. Or, il est supposable que l'ozone, produit à une température relativement élevée, ne doit pas avoir la même action sur l'eau froide, l'hiver, que sur l'eau chaude pendant l'été; on peut douter que l'efficacité d'une même dose d'ozone soit pareille en toute saison.

Les procédés dissemblables, sinon opposés de MM. Otto et Gosselin laissent tous les deux planer une indécision au sujet du contact effectif entre l'eau et l'ozone. Faut-il en arriver, pour l'obtenir en toute sûreté, à réduire mécaniquement toute l'eau en brouillard? Dans ce cas, au prix de quelle dépense. Dans le cas contraire, quel degré d'épuration obtient-on?

Il reste enfin la question économique. — L'ozonisation de l'eau potable et limpide de Lille n'atteint pas, dit-on, un centime par mètre cube. Il est à supposer que l'épuration d'une eau non potable coûterait davantage et s'il fallait y ajouter la filtration préalable en grand, qui ne peut coûter moins de un centime et demi, on dépenserait 0,025 *f* à 0,030 *f* pour épurer de l'eau de rivière courante, tandis que le plus souvent, la plupart des villes peuvent se procurer de bonne eau de source à un prix de revient brut, chez l'abonné, moindre que celui-là.

Ce qui vient d'être dit ne s'applique pas à Paris, où les eaux des sources dérivées reviennent très cher, à 0,120 *f* ou 0,130 *f*, mais pour cette capitale comme pour les grandes villes, la question se présente sous une autre forme: quelles énormes installations faudrait-il faire pour stériliser plusieurs centaines de mille mètres cubes par jour? A quelles dépenses d'exploitation cela conduirait-il, et en fin de compte l'efficacité permanente de l'opération serait-elle absolument certaine? En un mot, ne convient-il pas mieux d'approvisionner tout simplement de l'eau pure, qui ne nécessiterait pas tout cet embarras?

L'orateur croit utile d'appeler l'attention sur tous ces points douteux, qui ne permettent pas, à son avis, d'admettre l'affirmation que le problème de la purification des eaux potables par l'ozone soit dès à présent résolu industriellement.

M. M. Otto répond au sujet du prix de revient que le chiffre de 0,01 *f* est industriel. Il faut compter, en effet, 4 *g* d'ozone pour stériliser 10 m^3 d'eau, en comptant tout très largement, et notamment, en prenant le kilowatt au prix de 0,10 *f*, le prix réel de l'ozone dépensé ne dépasserait pas 0,003 *f*. ce qui laisse une grande marge pour l'entretien et l'amortissement des appareils.

En ce qui concerne les conditions de la stérilisation, M. Otto indique que ce qui est intéressant de considérer est non pas le nombre des microbes, mais le poids de ces microbes, c'est-à-dire le poids de la matière organique qu'il faut oxyder; c'est ce qu'indique du reste, M. le professeur Duclaux dans son traité et c'est pour cette raison qu'il serait trop dispendieux de stériliser les eaux d'égout. Pour stériliser les eaux de rivière on a donc toujours intérêt à les filtrer.

La température, contrairement à ce que craignait M. Badois, n'a pas d'influence importante, les expériences faites ont prouvé qu'entre 0 et 30° la stérilisation se fait également bien à la condition que le mélange soit suffisamment intime; cependant il vaut mieux stériliser des eaux à la température de 15 à 20°.

M. E. Hubou demande à MM. Otto et Gosselin si, industriellement, on pourrait réaliser la stérilisation de 100 000 m^3 en 24 heures.

M. D. Casalonga demande dans l'intérêt des consommateurs si l'on s'est assuré qu'on peut boire sans aucune impunité de l'eau stérilisée par l'ozone.

M. G. Richou, complétant la demande précédente, voudrait savoir si les procédés d'ozonisation ne risquent pas de faire un produit artificiel en mettant une quantité d'ozone supérieure à celle qui est nécessaire pour la stérilisation c'est-à-dire par l'oxydation des matières organiques.

M. X. Gosselin répond qu'une installation stérilisant 100 000 m^3 d'eau par 24 heures est parfaitement possible, il ne demanderait pas mieux que de s'en charger.

En ce qui concerne directement les essais de Lille, on a bien voulu reconnaitre, d'un commun accord, leur pleine réussite.

On a cependant argué qu'ils n'étaient pas absolument probants parce qu'ils avaient porté sur une eau limpide, ne contenant environ que 3 à 4 000 germes par centimètre cube. Il faut remarquer que les eaux d'Emmerin, bien que limpides, sont éminemment putrescibles. Après un séjour d'une nuit en vase clos, l'eau prise sur la distribution de Lille se trouve le lendemain complètement putréfiée. Il s'agit d'expériences faites pendant la période d'été. Quoi qu'il en soit, le fait n'est pas pour caractériser une eau précisément excellente. D'ailleurs que l'eau soit limpide, c'est une condition primordiale hors de toute discussion. Quel consommateur accepterait une eau boueuse pour son alimentation ?

Aussi bien outre les essais officiellement consacrés à Lille, MM. Marmier et Abraham ont opéré sur des eaux de Seine prélevées à toute époque de l'année. Toujours l'eau traitée s'est trouvée stérile et toujours les prix de revient du traitement sont restés industriels.

Sur la question de savoir si l'eau stérilisée par l'ozone est véritablement saine, l'orateur dit que les essais les plus précis ont été faits à Lille et sont d'ailleurs consignés dans le rapport de la Commission d'expertise. Aucun doute sur ce point n'est possible, le traitement par l'ozone procure une eau plus saine et plus agréable pour la consommation.

Des expériences très longues et très concluantes à ce point de vue ont été faites par le Dr Roux, à Lille, pour s'assurer de l'inocuité de l'eau stérilisée; on a fait vivre dans l'eau ozonisée des poissons rouges, des écrevisses qui s'en sont très bien portées, de sorte que l'opinion publique en a conclu que l'eau stérilisée « donnait trop de forces ».

M. M. Otto répond à M. Hubou qu'il a indiqué lui-même les procédés qu'il emploierait pour des installations très importantes, celles-ci sont parfaitement réalisables. Quant à la qualité de l'eau ozonisée, elle est indéniable; pour qu'elle soit nuisible, il faudrait que l'ozone soit soluble. Or les expériences ont prouvé qu'il ne l'est pas quand l'eau contient encore des matières organiques, ce qui est le cas de toute eau potable. Les réactifs colorants ne donnent aucune coloration avec l'eau qui vient d'être stérilisée; à l'analyse, on constate simplement une légère augmentation de la teneur en oxygène de l'eau, ce qui est précieux au point de vue hygiénique.

M. le Président remercie ceux de nos Collègues qui ont apporté leur parole à la discussion, il souhaite que le problème intéressant de la stérilisation de l'eau par l'ozone soit poursuivi et que la Société soit tenue au courant des résultats qui seront acquis.

M. le Président donne la parole à M. Janet pour sa communication sur les *Tampons obturateurs automatiques contre les explosions par rupture de tubes dans les chaudières aquatubulaires.*

M. A. Janet décrit un dispositif grâce auquel les ruptures de tubes et avaries analogues, dans les chaudières aquatubulaires, cessent d'avoir les conséquences graves (brûlures profondes et étendues, mise en détresse de bâtiments de mer, etc.) qu'elles provoquent parfois actuellement.

Il s'agit d'objets de forme appropriée, variable suivant les types de chaudières, placés auprès des orifices des tubes, et susceptibles d'être entrainés par le courant violent d'eau et de vapeur se produisant lors d'une rupture. Ils viennent alors former tampon aux extrémités du tube avarié et y restent appliqués par la pression régnant dans la chaudière. La fermeture exacte, en dépit des irrégularités possibles, est assurée par l'emploi de tampons dans lesquels une couche de plomb recouvre un corps dur.

Dans le cas de chaudières ayant les tubes disposés en séries, on peut être conduit à ne mettre de tampons qu'à l'entrée et à la sortie de chaque série.

M. Janet rend compte des expériences faites à bord des bateaux de l'Etat sous la direction de M. Ravier, Ingénieur de la Marine, qui a pris l'initiative de ces installations et dont il est le collaborateur.

Il cite, en particulier, l'exemple du torpilleur 134 dans lequel une rup-

ture de tube non seulement n'a eu aucun inconvénient quand elle s'est produite, mais encore n'a pas empêché, le lendemain, de remettre en service le bâtiment sans aucune réparation, les tampons bien encastrés au moment de l'avarie obturant parfaitement le tube rompu.

M. le Président remercie M. A. Janet de sa communication et demande si quelqu'un désire la parole.

M. E.-A. Barbet demande si, dans les générateurs ordinaires, c'est-à-dire, ceux qui ne sont pas sur des navires, la présence des tampons ne vient pas gêner le nettoyage des tubes; d'autre part, il demande si, dans la marine, en raison du grand nombre de tubes qui exigent des tampons à chaque extrémité, le prix de revient ne se trouve pas s'élever dans une trop forte proportion; enfin, il craint que les entartrages ne viennent empêcher l'office de tampon ou bien que des obturations se produisent inopinément.

M. A. Janet répond que les expériences ont montré que les tampons obturateurs qu'on tient par des chaînettes reliées à une tringle générale ne gênaient pas du tout le nettoyage, l'enlèvement et la remise des tampons n'allongent pas l'opération de plus de 20 minutes; quand les tubes sont verticaux, on tient les tampons par un petit fil de plomb qui se cisaille au moment de la rupture du tube et de la poussée qui en résulte.

En ce qui concerne le prix de revient, M. Janet indique que ce prix n'a pas dépassé 2 *f* par mètre carré de surface de chauffe dans les cas les plus compliqués, mais quand on a affaire à des chaudières à serpentin telles que les Belleville ou les Niclausse, on se contente d'isoler chaque série d'éléments, car la double obturation des tubes Niclausse est un problème difficile à résoudre.

Quant aux entartrements, on n'a jamais observé qu'ils aient été une gêne; on a eu aux débuts des obturations intempestives, mais une bonne appropriation dans le poids des tampons et leur forme, ainsi que dans le revêtement en plomb a empêché ces incidents de se reproduire.

M. G. Canet s'étonne que, dans l'accident du Torpilleur dont a parlé M. A. Janet, la chemise de plomb n'ait pas fondu au contact du tube fendu qui a dû rougir dès qu'il n'a plus été plein d'eau.

M. A. Janet fait remarquer que le plomb se trouvait à proximité d'une grande masse d'eau et qu'il reposait sur la calotte en fonte malléable creuse qui a amené un refroidissement suffisant du métal.

M. R. Soreau demande si dans le cas où il y a un obturateur automatique au bout de chaque tube, il n'y a pas eu gêne dans la circulation.

M. A. Janet répond qu'il n'y a eu aucun mécompte à la condition de disposer les tampons le plus loin possible de l'entrée de tube en prévoyant les queues des tampons d'une longueur appropriée; il est évident que certaines chaudières à serpentin présentent plus de difficultés à l'emploi des bouchons obturateurs que d'autres systèmes, les chaudières Oriolle, au contraire, ont donné de suite d'excellents résultats.

M. le Président remercie M. A. Janet de sa communication et des indications intéressantes qu'il a données à nos Collègues.

Il est donné lecture, en première présentation des demandes d'admission de MM. B. Barbier, P. Dorel, E.-Ch. Facier, L. Fontaney, M. Heurtematte, H.-A. Jacqmin, A.-E. Jacquesson, A. Lang, I. Sirry-Bey, et Th. Viellard, comme Membres sociétaires et de M. M. Barbet-Massin, comme Membre associé.

MM. P. Boivin, F. Castellan, L. Chavanis, L. Lacrampe, Ch. Lemercier, J.-L. Michaut, U.-P. Polge, sont nommés Membres sociétaires.

La séance est levée à 11 heures et quart.

Le Secrétaire,
Lucien Périssé.

COMPTE RENDU

DU

28e CONGRÈS DE L'ASSOCIATION FRANÇAISE

POUR L'AVANCEMENT DES SCIENCES

PAR

MM. P. ARBEL et R. SOREAU

L'Association française pour l'Avancement des Sciences a tenu son XXVIIIe Congrès à Boulogne-sur-Mer, en septembre dernier, sous la présidence de M. le professeur Brouardel, membre de l'Institut et de l'Académie de médecine. Délégués de la Société à ce Congrès, nous avons l'honneur de vous apporter une analyse succincte des mémoires et des excursions qui se rapportent à l'art de l'Ingénieur. Vous pourrez ainsi connaître les questions traitées et vous reporter, pour celles qui vous intéressent plus particulièrement, au compte rendu détaillé que publiera l'Association.

Les travaux qui ont le plus sollicité notre examen sont ceux des 3e et 4e sections, qui réunissaient le Génie civil, le Génie militaire et le Génie naval. C'est là, du reste, que vos délégués s'étaient fait inscrire. Nous analyserons, plus ou moins longuement suivant leur importance, toutes les communications faites dans ces sections; mais nous aurons aussi à vous signaler quelques mémoires présentés dans les sections de Mathématiques, de Mécanique et de Physique; nous les intercalerons dans le classement des mémoires par spécialités.

PREMIÈRE PARTIE

MÉMOIRES

Les 3e et 4e sections réunies avaient nommé comme président d'honneur notre éminent Collègue M. le major général de Wendrich, délégué du ministre des Voies et Communications de Russie. Elles étaient effectivement présidées par M. P. Dislère,

ancien Ingénieur de la Marine, Président de section au Conseil d'État. M. le commandant d'artillerie GABRIAC, délégué du ministre de la Guerre, et M. le lieutenant de vaisseau ROULLIN, délégué du ministre de la Marine, avaient pris place dans ces sections.

Grâce au dévouement et à l'activité de leur Président, elles réunissaient cette année un nombre important de congressistes, et avaient un programme très nourri. Suivant une méthode de travail qu'on ne saurait trop louer, elles mettaient à l'étude deux grandes questions, sur lesquelles des rapports sommaires avaient été préalablement élaborés et distribués. Ces deux questions étaient : la *Résistance au mouvement des corps flottants* et l'*Automobilisme sur route*.

Avant d'aborder leurs travaux, les 3e et 4e sections eurent l'honneur d'inaugurer, dans la salle des fêtes de l'Hôtel de Ville, le portrait d'un des plus illustres enfants de Boulogne, Frédéric SAUVAGE (1786-1857). Nous ne ferons que citer la savante notice lue par M. A. LEFEBVRE sur la vie et les travaux de ce grand Ingénieur. Toutefois, comment ne pas rappeler ici que Sauvage ne fut pas seulement le génial inventeur de l'hélice, mais que ses créations sont multiples : sciage et polissage mécanique du marbre; réducteur et physionotype mouleur qui servirent à reproduire et à vulgariser les meilleures sculptures de nos grands musées; soufflets hydrauliques; pompes à épuisement portatives, etc. ? Comment ne pas nous attrister du lent ensevelissement de cette claire intelligence, à la suite de la commotion ressentie quand, de la prison de Sainte-Adresse, où il était enfermé pour dettes, Sauvage vit le *Napoléon* évoluer sous la poussée d'une hélice, jalousement construite en dehors de lui ? Et, dans une Société comme la nôtre, où l'on apprécie toute la distance qui sépare une vague conception d'un appareil réel et pratique, comment ne pas protester contre la fausse érudition qui conteste à notre compatriote la paternité de l'hélice, sous le subtil prétexte que Léonard de Vinci a tracé, en quelques coups de crayon, un appareil qui rappelle ce remarquable propulseur ?

Architecture navale.

La première séance a été consacrée aux questions relatives à l'Architecture navale.

Résistance au mouvement des corps flottants. — Dans les rapports préalablement distribués, M. TERRÉ, Ingénieur en chef de la marine, traite de la ***Résistance au mouvement dans un milieu indéfini***, et M. B. DE MAS, inspecteur général des Ponts et Chaussées, étudie la ***Résistance au mouvement dans les canaux***. Ces deux rapports, très concis, sont déposés à notre Bibliothèque.

Pour des carènes à formes bien continues, M. TERRÉ rappelle qu'aux petites vitesses la résistance de frottement est très supérieure à la résistance directe. Au contraire, dès que la vitesse est suffisante pour qu'il se forme des vagues — et c'est aujourd'hui le cas de tous les bâtiments de mer, — la résistance directe l'emporte de beaucoup, car elle croît plus vite que le carré de la vitesse, tandis que la résistance de frottement paraît croître moins vite que V^2. Pour les croiseurs actuels de 20 à 25 nœuds, la résistance directe croît même plus vite que V^3.

L'auteur examine ensuite les méthodes pour mesurer la résistance totale : méthode de remorquage direct, méthode des vitesses décroissantes, et enfin méthode des petits modèles, basée sur le principe si fécond de la similitude en Mécanique. M. Terré s'étend tout particulièrement sur cette méthode, la plus importante pour les grands navires; malheureusement, elle présente beaucoup d'aléas, dus surtout à ce que le frottement ne satisfait pas aux conditions de similitude : il est donc nécessaire de l'éliminer, par exemple en se servant des procédés de Froude. D'ailleurs, il est difficile de calculer la vitesse d'un navire projeté à l'aide de la vitesse de son modèle réduit; par contre, il est moins délicat de déterminer la meilleure forme à adopter : il suffit de construire une série de modèles de même longueur et de même déplacement, puis de les essayer à la vitesse homologue de celle qu'on a en vue; et c'est en cela surtout que la méthode des petits modèles peut donner d'intéressants résultats.

Pour le matériel de la batellerie, M. DE MAS a trouvé que, si la vitesse est comprise entre 2,50 et 5 *m*, la résistance en eau indéfinie est de la forme :

$$(a + bt)\,V^{2,25}.$$

t désigne l'enfoncement, a et b sont des constantes caractéristiques de chaque bateau. On peut donc établir une classification des divers types de bateaux d'après leur résistance en eau indéfinie. Mais elle n'a de réelle valeur que si elle présente le carac-

tère de généralité propre à toute classification. Or l'auteur a constaté que sur les canaux, même de dimensions restreintes, les différents types de bateaux conservent l'ordre dans lequel ils se classent en eau indéfinie : les différences sont seulement moins accusées, et moins grand le bénéfice des formes. D'autre part, le coefficient de résistance de la voie est d'autant plus grand que la résistance propre du bateau est plus faible.

M. de Mas montre quel intérêt il y aurait à appliquer la méthode des petits modèles à l'étude du matériel de la batellerie, et il indique la marche à suivre pour résoudre la question proposée, en 1894, par le Congrès de navigation de la Haye : « Déterminer le profil courant d'un canal qui permettra à un bateau, dont la forme et la section sont données, de réaliser une vitesse voulue avec un effort de traction déterminé. »

Nouvelle forme de carène supprimant le tangage. — M. Turc, lieutenant de vaisseau, rappelle qu'un navire ne roule pas si sa période de roulis est sensiblement plus longue que la période de la houle : c'est ce que vingt années de navigation ont permis de constater sur les anciens cuirassés *Suffren* et *Richelieu*.

Par analogie, il a cherché à atténuer le tangage en donnant aux navires une forme telle que la période de tangage atteigne 20 secondes, ce qui la rendrait plus longue que celle des houles qu'on rencontre communément. Cette forme *(fig. 1)* consiste en

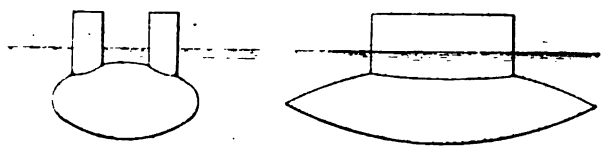


Fig.1.

un fuseau aplati, complètement immergé, et surmonté de deux tourelles allongées placées par le travers l'une de l'autre. Ces tourelles assureraient la stabilité transversale et seraient utilisées pour les aménagements; elles auraient une longueur au plus égale à la moitié de la longueur du fuseau. De cette façon, on diminuerait beaucoup le rayon métacentrique longitudinal R, et par suite on augmenterait la période de tangage

$$T = 2\pi \sqrt{\frac{I_z}{P(R - a)}}.$$

Si ces bateaux gouvernaient mal, on leur adjoindrait, à l'avant et à l'arrière, des ailerons verticaux de grande surface.

M. le Président Dislère objecte la difficulté de placer les hélices.

M. Soreau estime que la résistance au mouvement serait considérable car, en somme, il y a trois carènes, dont la résistance totale est bien supérieure à celle d'une carène unique de même déplacement. De plus, il se produirait dans les virages de violents remous entre les deux tourelles.

M. Terré insiste sur le côté peu pratique d'une telle carène pour les aménagements, sur l'inconvénient de la discontinuité des formes au point de vue de la résistance, et sur l'impossibilité de gouverner en l'absence de plan de dérive. L'application des idées émises ne pourrait guère être faite qu'aux bateaux-feux immobiles.

Calcul de la résistance des carènes. — Notre Collègue M. A. Duroy de Bruignac complète la communication qu'il a présentée, en 1898, au Congrès de Nantes. Ce complément a pour but de justifier le calcul de la résistance des carènes par la décomposition en surfaces élémentaires auxquelles on applique la formule du sinus carré, aussi bien à l'avant qu'à l'arrière. Suivant l'auteur, le désaccord constaté entre cette formule et l'expérience tiendrait à ce que, dans le mouvement du plan mince, la formule ne s'applique qu'à l'avant.

Formules fondamentales de la résistance du plan mince. — Notre Collègue M. R. Soreau constate que les formules en usage pour déterminer, en grandeur et en position, la résistance à l'avancement du plan mince, ne tiennent pas compte de l'allongement, dont l'influence est cependant considérable. Il expose les expériences qu'il a faites en 1899 sur la Seine, à Argenteuil, et qui lui ont permis de déterminer cette influence. Les formules générales auxquelles on est conduit sont assez compliquées, résultat qui n'est point surprenant, étant donnée la complexité même du phénomène. Elles se simplifient dans le cas du plan carré. En particulier, celle qui donne *(fig. 2)* la distance ζ_i du centre de

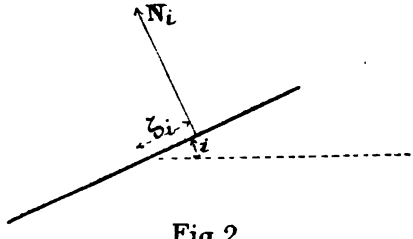


Fig. 2.

figure au point d'application de la résistance N_i, pour une inclinaison i sur la trajectoire, devient pour le carré de côté $2l$:

$$\frac{r_i}{l} = \frac{1}{2(1 + 2 \operatorname{tg} i)},$$

au lieu de la formule de Joëssel :

$$\frac{r_i}{l} = 0{,}61\,(1 - \sin i),$$

admise dans l'enseignement de l'École d'application du génie maritime, quel que soit l'allongement.

Chose remarquable : la formule de M. Soreau, établie pour le déplacement dans l'eau, rend compte également, avec une exactitude surprenante, des résultats obtenus dans l'air par le professeur Langley, membre correspondant de l'Académie des Sciences.

Les lois de la résistance à l'avancement du plan mince offrent, par elles-mêmes, un réel intérêt : en Hydrodynamique, elles sont la base de la théorie du gouvernail ; en Aérodynamique, elles seront indispensables au calcul des aéroplanes. Mais ce n'est là qu'un côté de la question ; M. Soreau l'élargit en faisant entrevoir que, si l'on connaissait la pression en chaque point du plan, si, de plus, on savait quelle part revient, dans cette pression élémentaire, à la compression sur la face avant, et quelle part revient à l'aspiration sur la face arrière, on parviendrait sans doute à pénétrer la loi des actions réciproques des filets fluides, et à ramener la détermination des carènes et des hélices à un problème de mécanique rationnelle. C'est ce problème que l'auteur étudie, et ses expériences d'Argenteuil ne sont qu'un chapitre de cette étude.

M. Soreau ajoute que les idées émises par M. Duroy de Bruignac sur la répartition des pressions avant et arrière sont en contradiction avec les expériences d'un savant suédois, M. Irminger, expériences dont il doit la communication à l'obligeance de notre distingué Collègue M. Th. Seyrig.

M. Duroy de Bruignac oppose aux expériences de M. Irminger ses observations sur l'écoulement des filets à l'avant ; d'après lui, la résistance sur la face antérieure suivrait la loi de Newton et serait appliquée au centre de figure.

M. Soreau constate que, si la vitesse est suffisante pour qu'il y ait sensiblement le vide derrière le plan, c'est au contraire

l'aspiration arrière dont le point d'application vient au centre de figure, tandis que la pression avant se déplace avec l'inclinaison.

Intégration des équations de l'Hydrodynamique (communication faite à la section de Mécanique). — Nous n'analyserons pas le travail de M. E. Fontaneau sur de nouvelles transformations des équations fondamentales de l'Hydrodynamique : l'auteur s'en tient, comme il est d'usage dans l'Hydrodynamique théorique, au cas purement spéculatif du liquide parfait. Toutefois, nous ne pouvions négliger d'attirer sur ce savant travail l'attention de ceux de nos Collègues qu'intéresse la délicate question du mouvement des fluides.

Correction par simple lecture des déviations de la boussole dans les navires en fer. — M. Ravier, Ingénieur de la Marine, expose une méthode de correction très pratique, basée sur ce fait que certaines équations de la théorie analytique des corrections sont celles d'une perspective : d'où l'idée de substituer aux anciens procédés de calcul un appareil perspectif qui redresse les lectures.

Cet appareil, auquel il a donné le nom de *dromoscope*, se compose essentiellement *(fig. 3)* d'un œilleton O, d'un disque D gradué en rose des vents inversée, et d'un tableau T qui reproduit les graduations de la boussole. La position et l'inclinaison du disque sont réglées une fois pour toutes, et il n'y a pas lieu de les modifier tant qu'on ne change pas les fers du navire. En faisant passer un rayon visuel par l'œilleton et par la graduation du tableau correspondant à celle qu'on a lue sur la boussole, on lit sur le disque le cap magnétique vrai.

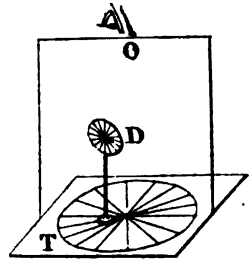


Fig.3.

On peut aussi résoudre par simple lecture toutes les questions pratiques relatives aux déviations et à leur compensation.

Dispositif de paliers à rouleaux cylindriques ou coniques. — Notre Collègue M. D.-A. Casalonga présente un nouveau dispositif à rouleaux qui peut être transformé en boite à fusée pour véhicules roulants, ou en palier de butée pour arbres d'hélices. Avec les progrès réalisés en métallurgie, il estime que les génératrices de contact peuvent facilement supporter les charges sans se déformer.

M. Casalonga s'est attaché, dans la première application, à conserver le parallélisme des axes des rouleaux avec celui de la portée ou de la fusée, et, dans la seconde application, à maintenir le point de convergence des axes situé sur l'axe de l'arbre.

M. Terré présente quelques objections sur l'encombrement de ces paliers.

Automobilisme sur route.

La deuxième séance a été consacrée aux questions relatives à l'Automobilisme sur route, au lendemain de la brillante course organisée entre Paris et Boulogne.

L'Automobilisme sur route, au triple point de vue du moteur, du véhicule et de la circulation. — Dans un rapport préalablement distribué, MM. Cuénot et Mesnager, Ingénieurs des Ponts et Chaussées, examinent, après un historique sommaire, les divers éléments des voitures automobiles. Dans une étude des moteurs qui rappelle une communication faite à la Société l'an dernier, ils arrivent aux conclusions suivantes, d'ailleurs généralement admises : en l'état actuel, les voitures électriques ne conviennent guère qu'à un service urbain; dans les autres applications, le pétrole convient plutôt au tourisme qu'à une exploitation où l'économie joue un rôle prépondérant.

Un chapitre spécial étudie la liaison entre les moteurs et les roues motrices.

Il convient de citer les considérations sur la situation présente et sur l'avenir des transports par automobiles, ainsi qu'une comparaison entre un service par automobiles et un service par tramway. Pour une recette kilométrique annuelle de 1 500 *f*, dans des conditions ordinaires, la subvention départementale pour couvrir les dépenses de l'un ou l'autre mode de transport serait sensiblement la même. Mais, dès que le trafic se développerait, il y aurait lieu de transporter ailleurs les voitures automobiles, et de leur substituer le tramway.

Fourgon électrique des Sapeurs-Pompiers. — Lecture est donnée d'une notice de M. le colonel Detalle sur le nouveau fourgon électrique des sapeurs-pompiers de Paris. Le poids brut est de 1 800 *kg*; le poids en ordre de marche atteint 2 550 *kg*, y compris 6 hommes et le matériel de lance, sauvetage, etc. La voiture

peut parcourir, sans être rechargée, 60 *km* à la vitesse de 15 *km* à l'heure. Le moteur est de 4 000 watts. Les accumulateurs, système B. G. S., pèsent 520 *kg*, et ont une capacité utile de 180 ampères-heure; la caisse qui les contient est sous la voiture; elle est suspendue par des ressorts entre les deux essieux. On trouvera des renseignements précis sur les accumulateurs B. G. S. dans le *Traité des voitures automobiles* de MM. Vigreux, Milandre et Bouquet, dont M. Soreau a donné le compte rendu à la Bibliographie du *Bulletin* de juillet dernier.

Nécessité de l'organisation du personnel et du matériel des chaussées et des voies navigables au point de vue commercial et stratégique. — Notre collègue M. le major général A. DE WENDRICH constate les grands progrès réalisés dans les automobiles, progrès qui donnent aux routes une importance nouvelle. Les perfectionnements obtenus pour les petits moteurs sont aussi de nature à développer la circulation sur les canaux. La puissance commerciale et stratégique de ces voies de transport devrait faire admettre leur militarisation dès le temps de paix. Or, il n'y a eu jusqu'ici que des essais insignifiants et partiels, alors qu'il faudrait une organisation générale et minutieuse, analogue à celle des voies ferrées.

M. le commandant GABRIAC rappelle que, dans cet ordre d'idées, une expérience a été faite l'an dernier pour le recensement de la batellerie sur les canaux du Nord.

Les automobiles aux colonies. — M. BRICKA, Ingénieur en chef des Ponts et Chaussées, Inspecteur général des Travaux publics au Ministère des Colonies, envoie une note de M. DE LA VALETTE, Ingénieur civil des Mines, sur l'emploi des automobiles aux colonies. Les transports sur routes par animaux de bât ou de trait sont généralement grevés de frais considérables, et l'établissement d'une voie ferrée est toujours une grosse charge budgétaire. L'auteur se demande s'il n'y aurait pas intérêt à utiliser les automobiles quand les routes existantes sont bonnes ou n'exigent que peu de travaux pour être mises en état. Il expose succinctement les considérations techniques et économiques qui semblent militer en faveur de cette utilisation, et cite notamment les résultats mis en évidence dans les concours organisés par l'Automobile-Club.

Malheureusement, M. de la Valette ne peut donner d'exemples topiques à l'appui de sa thèse, car il n'existe qu'une tentative,

faite au Soudan par M. Félix Dubois avec deux véhicules. Cette expérience va être reprise sur une plus grande échelle, et 40 camions avec moteurs de 9 *ch* doivent assurer le transport entre le point terminus du chemin de fer de Kayes à Bafoulabé d'une part, et le Niger d'autre part, sur une distance de 400 *km* à franchir en 8 jours. A Madagascar, la Société des transports coloniaux se propose d'établir un service entre Malatrava et Tananarive, pour transporter 1 200 à 1 800 *kg* en 4 jours sur une distance de 250 *km*.

Emploi de l'alcool dans les moteurs à gaz tonnant. — Notre collègue M. R. Soreau décrit les expériences faites par M. Ringelmann, professeur à l'Institut agronomique, pour substituer l'alcool au pétrole, et il indique l'intérêt considérable qui s'attache à ces travaux pour un pays comme la France. Il n'est pas nécessaire d'insister ici sur ce sujet, après l'exposé très clair qui a été donné par M. L. Périssé dans la séance du 2 juin.

Tarification du transport des automobiles par voie ferrée; Réglementation pour la circulation, les signaux, les courses, etc. — Diverses propositions sont faites par MM. Pasqueau, Inspecteur général des Ponts et Chaussées, Cuénot, Ingénieur des Ponts et Chaussées, G. de Laffreté, organisateur de la course Paris-Boulogne, etc., sur la tarification du transport des automobiles par voie ferrée, la réglementation pour la circulation, les signaux, les courses, etc. Après discussion, les sections ne retiennent que le vœu de M. Pasqueau, amendé par MM. Gobin et Soreau; le vœu remanié est ainsi conçu :

1° Les automobiles de toute nature et leurs accessoires seront exclusivement taxés, en P. V, suivant leur poids respectif, au prix de la 1re série du tarif général, avec la majoration d'encombrement, quand il y a lieu, mais sans aucune référence à l'article 18 des conditions générales d'application qui les assimilent actuellement, dans certains cas, aux voitures à traction animale, seules visées par le cahier des charges;

2° Le transport de ces véhicules en G. V. sera effectué au prix du tarif général de la G. V. dans les mêmes conditions, c'est-à-dire avec tarification au poids, sans référence à l'article 29 des conditions générales;

3° L'attention des Compagnies sera appelée sur l'utilité qu'il y aurait à étudier le transport des automobiles comme bagages

dans les trains de voyageurs, en déterminant le poids et les dimensions maxima de ces véhicules;

4° Les tarifs spéciaux concernant le transport des automobiles en P. V. par wagons complets seront maintenus et améliorés, quand il y aura lieu, au mieux des intérêts de l'industrie et des Compagnies.

La Société des Ingénieurs civils, particulièrement intéressée au développement de cette industrie presque exclusivement française, appréciera l'importance de ce vœu. M. Pasqueau a fait savoir que les Compagnies consultées ont reconnu, en principe, la nécessité de reviser la tarification.

En dehors des deux séances réservées à l'Architecture navale et à l'Automobilisme, deux autres séances ont été consacrées à des communications diverses, que nous avons classées par spécialités.

Travaux publics et Construction.

Le Transsaharien et le Port de Bizerte. — M. Vassel, secrétaire général de l'Institut de Carthage, préconise un chemin de fer transsaharien passant par la Tunisie. Le tracé partirait du golfe de Gabès, franchirait le Djebel Demmer par l'un des cols les moins élevés, et longerait la région des grandes dunes sans y pénétrer. De plus, on pourrait créer à Bou-Grara, au fond du golfe de Gabès, un port merveilleux à très peu de frais, 500 000 *f* suivant l'auteur.

M. Vassel aborde ensuite la question du port de Bizerte. Ce port de guerre devrait posséder un dépôt de 50 à 60 000 *t* de charbon, mais on a reculé devant la dépense nécessitée par le rafraîchissement indispensable d'un pareil approvisionnement. L'auteur indique une solution qui ne coûterait rien à l'État: elle consiste à prolonger jusqu'aux gisements de phosphates du nord-ouest tunisien la voie ferrée proposée entre Bizerte et Souk-el-Arba. De même qu'à Gafsa, on trouverait facilement à placer des concessions de phosphates, à charge pour les preneurs de construire et d'exploiter, sans subvention ni garantie, un chemin de fer sur Bizerte. Mais le gouvernement tunisien ne semble pas se soucier de voir Bizerte servir à la sortie des phosphates.

La digue du port en eau profonde de Boulogne. — M. J. Voisin, Ingénieur en chef des Ponts et Chaussées, donne quelques détails

sur la construction de la digue Carnot, dont le développement total est de 2115 *m*, soit 1265 *m* pour la branche sud-ouest, depuis son enracinement au pied de la falaise, 490 *m* pour la branche du large, qui fait avec la première un angle d'environ 120°, et 360 *m* pour le raccordement des deux branches.

Le sol sur lequel repose la digue est incompressible. L'infrastructure, arasée à la cote des basses mers de vive eau d'équinoxe, se compose d'un noyau central en moellons et d'enrochements formant talus. Les enrochements du talus intérieur varient de 1/2 à 1 *t*, les plus gros étant, bien entendu, ceux de la branche du large; ceux du talus extérieur varient de 2 à 6 *t*. En outre, le talus extérieur est défendu par une seconde couche de blocs naturels de 8 *t* en moyenne depuis l'origine de la digue jusqu'à une distance de 1100 *m*, et de blocs artificiels de 33 *t* sur le reste.

Dans la branche du large et dans le raccordement, l'écartement des talus, mesuré à la base de l'ouvrage, atteint près de 60 *m*.

Sur l'infrastructure est une muraille en maçonnerie d'une longueur en couronne de 4 *m* au commencement de la digue, et de 6 *m* à partir du point 1350 *m*.

Le coût a été de 4900 *f* en moyenne par mètre courant, pour une hauteur totale de 20 *m*. Ce prix est très inférieur à ceux des autres digues de hauteurs comparables : on a dépensé 9500 *f* à Marseille, 13500 *f* à Cherbourg, 33000 *f* à Douvres.

Au cours des travaux, il s'est produit dans l'infrastructure des tassements qui ont atteint 0,22 *m* au maximum en 1884. Ces tassements se continuèrent et se traduisirent par des fissures dans la muraille, fissures qui avaient 1 *mm* au plus, à l'exception de deux ayant de 4 à 5 *mm*. Quant aux fissures disposées presque régulièrement, elles doivent être attribuées aux variations de température.

M. Considère dit que ses expériences sur la force dynamique des vagues donnent des chiffres colossalement supérieurs a ceux qu'a indiqués M. Voisin au cours de sa communication. Ces différences s'expliquent par ce fait que les efforts considérables produits par les vagues s'exercent sur de petits espaces déterminés, et que les constatations de M. Voisin sont des moyennes faites sur de grandes surfaces.

Sur une question de M. Petiton, M. Voisin indique comment la température peut produire des fissures dans les grandes digues.

Addition de matières pouzzolaniques aux matériaux d'agrégation des maçonneries. — M. Féret, Chef du Laboratoire des Ponts et Chaussées de Boulogne, fait connaître ses travaux sur l'amélioration des mortiers de ciment Portland par l'addition des pouzzolanes en poudre fine; ces matières ne coûtent guère que leur prix de transport, et on peut les substituer pour plus de moitié au ciment qui entre dans les mortiers : il en résulte une grande économie dans la construction.

M. Féret expose les influences physique, chimique et mécanique de ces additions : c'est ainsi, par exemple, qu'on obtient une plus grande sécurité pour les mortiers à l'eau de mer. Il donne des indications sur le choix de la pouzzolane et sur les proportions à employer suivant les cas. Les matières pouzzolaniques doivent être réduites en poudre fine; le mélange dans le mortier se fera donc mécaniquement, de façon à être aussi intime et aussi régulier que possible.

M. Gobin exprime la crainte qu'un excès de pouzzolane ne diminue la résistance.

M. Féret répond que la dureté des pouzzolanes est sans influence, grâce à leur état pulvérulent.

M. Leduc cite ses expériences sur la silice précipitée, expériences qui confirment celles de M. Féret.

Étude graphique de la flexion des prismes imparfaitement élastiques; application au ciment armé. (Communication faite à la section de Mécanique). — M. Féret montre que, dans un prisme imparfaitement élastique supposé homogène, la fibre neutre n'est pas nécessairement au milieu de la hauteur; il établit les équations d'équilibre qui définissent la position de cette fibre et le rayon de courbure pour un moment fléchissant déterminé, quand on connaît la loi algébrique qui lie les tensions aux allongements. Puis, supposant cette loi définie par une courbe, il donne une solution graphique du problème, et détermine aussi l'allongement et la tension d'une fibre quelconque.

Ces méthodes de construction, convenablement modifiées, s'étendent aux prismes hétérogènes. On peut même déterminer la position de retour de la poutre et les tensions rémanentes qui résultent des déformations permanentes. L'auteur appliquera ces procédés graphiques à l'étude du ciment armé, dans un ouvrage qu'il compte publier prochainement. C'est une question d'actualité, qui méritait de vous être signalée.

Étude du béton armé. — M. Considère, Ingénieur en chef des Ponts et Chaussées, étudie d'abord l'équilibre moléculaire du béton armé avant tout chargement. Le mortier se dilate pendant sa prise : d'où tensions des armatures et pressions du béton, qui sont favorables à la résistance. Par contre, le mortier se contracte ensuite dans l'air : d'où pressions des armatures et tensions du béton, tensions qui paraissent voisines de la résistance du béton à la rupture.

Fort heureusement, ces derniers et fâcheux effets sont combattus par la propriété qu'ont les mortiers et bétons armés de prendre, sans se fissurer, des allongements beaucoup plus grands que ceux qui brisent les mortiers et bétons non armés. L'expérience a mis cette propriété hors de doute; on pouvait la prévoir en étendant aux mortiers les notions sur la striction des métaux que M. Considère a développées en 1885.

Les expériences de l'auteur ont montré, en outre, que le coefficient d'élasticité des mortiers, d'abord très fort pour de faibles allongements, diminue et s'annule dans la suite du chargement. Dans le déchargement, il prend une valeur inférieure au 1/10 de sa valeur primitive dans le chargement.

M. Casalonga demande à ajouter que l'invention du béton armé est due à un simple jardinier, Joseph Monier.

Réfection du pont métallique d'Étaples. — M. Houpeurt, Ingénieur des Ponts et Chaussées, expose le procédé employé pour la réfection du pont métallique d'Étaples, très menacé par le tassement des appuis et l'accroissement des charges. Ce pont est composé de 5 travées. Les deux travées paires ont été coupées *(fig. 4)*

Fig 4

à des distances telles que le moment fléchissant sur l'appui voisin soit celui auquel peut résister la quantité de métal de l'ancien ouvrage dans la section de cet appui. Les tronçons coupés sont utilisés et rattachés aux parties conservées par des articulations. On a obtenu de la sorte, avec une dépense modique, un ouvrage à travées indépendantes, qui n'a rien à redouter du tassement des appuis.

Navigation.

Emploi de l'aluminium pour la navigation fluviale. — M. L. Cauchy rappelle les services rendus aux explorateurs et au commerce des colonies par les bateaux démontables en alliages légers d'aluminium. Il cite : l'*Étienne* (mission Monteil dans le Haut-Oubanghi, et mission Marchand de l'Atlantique à la mer Rouge); le *Jules-Davoust* (mission Hourst); les chalands des flotilles du Niger et du Haut-Oubanghi, etc. C'est à bord de l'*Étienne* que le commandant Marchand atteignit Fachoda, en juillet 1898, cinquante jours avant l'arrivée du *Faidherbe* : « Cette embarcation, écrivait l'illustre explorateur, est difficile à manier en remontant le courant, mais elle a été merveilleuse pour passer dans le Grand Marais. »

Si les bateaux démontables doivent être transportés par des hommes, cas fréquent aux colonies, l'aluminium est préférable au fer, car les fragments sont beaucoup plus importants, ce qui est un avantage au point de vue du remontage et même du prix. D'ailleurs, la résistance des bateaux en aluminium est largement suffisante : dans ses essais, l'*Étienne* portait 12 *t* de pierres de taille, alors que ses plus fortes tôles n'avaient pas plus de 3 *mm* : ni les membrures, ni le rivetage n'ont bougé.

S'il est vrai que la coque se détériore rapidement en mer ou dans le voisinage de la mer, elle dure en eau douce, et même, chose remarquable, l'absence de peinture ou les contacts hétérogènes, comme ceux de fer ou d'acier sur aluminium, ne semblent pas avoir d'influence sensible sur sa conservation. Il n'en est pas ainsi en mer, et M. Wahl, Ingénieur de la Marine, a fait d'intéressantes recherches sur des vernis suffisamment couvrants et adhérents pour empêcher tout contact avec les agents oxydants de l'air et de l'eau.

Nouvelles applications du filage à l'huile. — M. A. Lefebvre voudrait qu'on appliquât le filage à l'huile aux ceintures et bouées de sauvetage, aux travaux sous-marins pour aider à la transparence des eaux, aux ouvrages à la mer et particulièrement aux digues des pays plats, pour empêcher l'action destructive des brisants.

Traction mécanique des bateaux sur les canaux. — MM. G. La Rivière et Bourguin, Ingénieurs en chef des Ponts et Chaussées, présentent une étude sur la traction des bateaux par le procédé dit *cheval*

électrique. Nous n'analyserons pas ce travail, publié en 1898 à l'occasion du VII[e] Congrès international de navigation à Bruxelles. Au reste, nous aurons à revenir sur ce sujet en rendant compte des excursions.

Chemins de fer.

Sur le combustible à employer pour les chemins de fer de pénétration en Afrique. — Notre collègue M. A. Suais, Ingénieur en chef des Colonies, directeur de la Compagnie des chemins de fer éthiopiens, préconise l'emploi du mazout, pourvu que son prix ne dépasse pas le double de celui de la houille, dont le pouvoir calorifique est beaucoup plus faible. Il faut donc des conditions spéciales d'exploitation, conditions qui peuvent se trouver dans les chemins de fer de pénétration en Afrique : là, en effet, le trafic sera de faible tonnage, du moins pendant un certain temps, et le transport du combustible sur la ligne coûtera à la Compagnie un prix relativement élevé, d'où l'évident avantage à prendre un combustible de grand pouvoir calorifique. Si donc on ne trouve pas le charbon à proximité, il peut y avoir intérêt à employer certains résidus de pétrole, comme le mazout.

C'est ainsi que la Compagnie des chemins de fer éthiopiens a calculé que, pour une exploitation ne comportant qu'un seul train par jour, l'emploi du mazout lui ferait réaliser une économie annuelle d'au moins 60 000 *f* pour les 300 *km* de son réseau, déduction faite de tous frais inhérents à ce combustible particulier. Dans ce calcul, on a admis comme bases les prix de 45 *f* par tonne de charbon à Djibouti, et de 62,50 *f* par tonne de mazout. C'est ce qui a déterminé la Compagnie à adopter le chauffage au pétrole dans les locomotives construites par la Société suisse de Winterthur; le pulvérisateur employé, du moins dans ces premières locomotives, est le pulvérisateur Holden.

M. le lieutenant de vaisseau Roullin estime que le chauffage au pétrole, dans les régions dont a parlé M. Suais, rendrait aussi de grands services à bord des navires, car le chargement du charbon impose alors aux chauffeurs une tâche effroyable. A un autre point de vue, pour l'augmentation des vitesses, des expériences ont été faites par l'Amirauté anglaise.

M. Ravier objecte que le prix déjà élevé du pétrole ne semble pas laisser une grande marge à son utilisation dans la marine ou dans

les chemins de fer, car cette utilisation entraînerait une hausse considérable et bientôt prohibitive.

M. Suais répond que c'est une question de richesse des gisements; il signale qu'on vient d'en découvrir de nouveaux à Bornéo, et qu'il est permis de prévoir un accroissement considérable dans la production.

Mécanique et ses applications.

L'emploi du pétrole pour le chauffage des chaudières. — M. Piaud, Ingénieur de la Marine, présente un travail de M. Godard, Ingénieur en chef de la Marine, Directeur des ateliers des générateurs Belleville, sur l'emploi du pétrole, seul ou mélangé au charbon, pour le chauffage des chaudières.

Plusieurs marines de guerre, frappées des facilités exceptionnelles que présente le chauffage au pétrole, l'ont installé à bord de quelques navires. Une puissante Société anglaise vient même de mettre en exploitation régulière les gisements de Bornéo, et se propose de jalonner la route de l'Extrême-Orient de dépôts qui permettront l'emploi du pétrole à bord des paquebots.

Le combustible liquide le plus généralement employé est le mazout, huile lourde visqueuse, dont le point d'inflammation est très élevé ; sa manipulation et son emmagasinement n'offrent donc qu'un danger très relatif. Si l'on compare ses principales caractéristiques à celles des bons charbons de Cardiff ou d'Anzin, on obtient le tableau suivant :

	Mazout.	Charbon.
Pouvoir calorifique	9 000 à 10 500 *cal*	8 500 *cal*
Composition C	87 0/0	92 0/0
Composition H	13 0/0	4 0/0
Quantité d'air théoriquement nécessaire à la combustion.	11,2 m^3	8 m^3
Quantité d'air pratiquement nécessaire à la combustion.	20 m^3	15 m^3

Ce tableau montre que c'est une erreur, d'ailleurs assez répandue, de penser que l'emploi de l'huile peut supprimer le tirage forcé.

Les premières tentatives faites en France remontent à 1869 : Dupuy-de-Lôme et Sainte-Claire-Deville appliquèrent alors le

chauffage au pétrole sur le yacht *Le Puebla*; Dupuy-de-Lôme et Sauvage firent des essais sur une locomotive. Mais le pulvérisateur ne fit son apparition dans notre pays qu'en 1883, à la Société des Forges et Chantiers. Vers la même époque, M. d'Allest, Ingénieur en chef des ateliers Fraissinet, inventa un pulvérisateur à jets annulaires de pétrole et de vapeur; malheureusement les jets s'encrassaient assez vite, par suite de la faible épaisseur de la nappe annulaire du pétrole. M. Guyot, Ingénieur de la Marine, apporta un perfectionnement notable en remplaçant cette nappe par un jet central unique, par conséquent plus fort et beaucoup moins susceptible de s'encrasser.

Tel a été le point de départ de l'emploi des pulvérisateurs, exclusivement adoptés aujourd'hui. Les plus récents se divisent en trois classes :

1° La pulvérisation s'obtient par le chauffage du combustible. Les appareils sont simples, mais s'encrassent rapidement, car il est difficile d'éliminer les dépôts liquides et solides;

2° La pulvérisation se fait par la vapeur ou l'air sous pression. C'est le procédé le plus courant, et l'on peut citer comme exemples le pulvérisateur Holden, employé sur les locomotives du Great Eastern Railway, et le pulvérisateur Delaunay-Belleville. Le premier est à jet central d'air, jets annulaires de pétrole et jets de vapeur formant couronne extérieure. Le second est à jet central de pétrole, comme le pulvérisateur Guyot, mais il s'en distingue par une aiguille disposée de façon qu'on puisse à tout moment déboucher l'orifice du pétrole sans démonter l'appareil; il est disposé spécialement pour fonctionner à l'air comprimé. L'inconvénient des jets de vapeur, surtout à bord des navires, est la dépense d'eau douce, qu'on évalue de 3 à 8 0/0 de la production totale de la chaudière, suivant l'intensité de la production. L'air comprimé est donc plus avantageux; en outre, il sert à la combustion, au lieu d'encombrer le foyer;

3° La pulvérisation peut aussi s'obtenir par refoulement direct du pétrole préalablement chauffé. Ce procédé, employé avec succès en Russie, est le plus simple et le plus économique, car il n'exige comme dépense que la pompe à refouler, et il faut toujours une pompe d'alimentation, quel que soit le système.

Il y a lieu de protéger les foyers par un revêtement en briques, de maintenir la flamme en contact avec une surface incandescente, et de diriger cette flamme loin du faisceau tubulaire, pour

éviter les surchauffes locales. Dans le chauffage mixte, le charbon incandescent suffit à maintenir la régularité de la flamme de pétrole.

Avec une consommation de 45 *kg* de charbon et de 52 *kg* de mazout par heure et par mètre carré de grille, les expériences de vaporisation faites dans les ateliers Delaunay-Belleville ont donné une production de 13 *kg* d'eau, ramenée de 100° à 100°, par kilogramme de combustible. La production de vapeur par le meilleur mazout ne semble pas devoir dépasser 14,6 *kg*, en ramenant de 100° à 100°. Si l'on veut faire disparaître la fumée, il faut envoyer un excès d'air sur le foyer.

M. Casalonga s'étonne qu'on emploie exclusivement les pulvérisateurs ; il croit que la vaporisation serait préférable.

M. Piaud répond que les essais dans ce sens sont restés infructueux, parce qu'il est très difficile d'enlever les produits solides qui se déposent dans la distillation du pétrole.

Accidents des chaudières à tubes d'eau et moyens de les prévenir. — M. Ravier, Ingénieur de la Marine, présente une étude très documentée sur les accidents de chaudières à tubes d'eau, et rappelle les dispositifs généraux demandés par l'Administration, sur la proposition de M. Walkenäer, Ingénieur en chef des Mines. Puis il décrit l'appareil qu'il a imaginé, avec le concours de M. A. Janet, ancien Ingénieur de la Marine, pour obtenir l'obturation automatique du tube en cas de rupture, et cela sans arrêt dans le fonctionnement de la chaudière.

Cette communication présente, pour la plupart de nos Collègues, un réel intérêt, et nous en aurions donné une analyse détaillée si la Société ne devait entendre M. Janet à la prochaine séance. Nous nous bornerons à reproduire le schéma de l'obturateur *(fig. 5)*, qui consiste essentiellement en un clapet demi-sphérique, recouvert d'une calotte en plomb, et traversé par une tige le maintenant aux extrémités soit de chaque tube, soit de chaque groupement de tubes, suivant le genre de la chaudière. L'obturateur a un poids tel qu'il ne bouge pas sous l'action des courants qui se produisent normalement

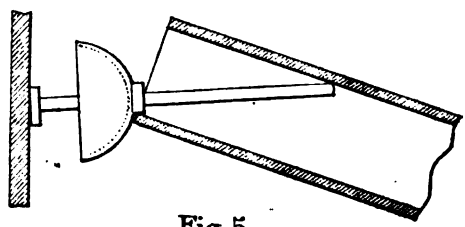


Fig. 5.

dans la chaudière, tandis qu'il entre immédiatement en jeu sous l'action des courants intenses provoqués par une déchirure de tube.

Cet appareil, simple et robuste, a déjà donné d'excellents résultats. Un torpilleur a pu non seulement continuer à marcher sans perte d'eau après une déchirure de tube, mais encore repartir le lendemain sans qu'on ait fait aucune réparation à la chaudière.

Les turbines à vapeur. — M. Rateau, Ingénieur des Mines, devait faire une importante communication sur les turbines à vapeur. L'actualité du sujet et la haute compétence de l'auteur nous font doublement regretter que ce travail n'ait pas été présenté. On sait que M. Rateau a publié récemment, dans la *Revue générale de Mécanique*, une théorie magistrale qui serre de très près les résultats révélés dans la pratique, chose rare dans les questions si délicates où intervient l'écoulement des fluides.

Du moins, l'annonce de cette communication nous donne l'occasion de dire quelques mots sur une prochaine application des turbines Rateau qui aura, croyons-nous, un certain retentissement. MM. Sautter Harlé construisent pour la Marine une turbine de 1 000 *ch*, dont le poids sera de 3 *kg* environ par cheval. Cette turbine, marchant à 1 800 tours, actionnera directement l'hélice d'un torpilleur. On pense employer la chaudière qui a été imaginée par le colonel Renard, le savant directeur de Châlais-Meudon, et qui sera, elle aussi, un modèle de légèreté. Il ne nous déplait pas de constater, à cette occasion, que les détracteurs obstinés de la navigation aérienne seront peut-être un peu moins fondés à qualifier de stériles les recherches dont ce problème, bien compris, aura été le point de départ.

Moteur thermique à grand rendement. — Notre collègue M. D.-A. Casalonga présente un projet de moteur dont le rendement thermique atteindrait, suivant lui, 58 0/0. Le gaz évoluant est pris à une pression initiale élevée, et l'alimentation se fait par le liquide générateur de ce gaz.

A ce sujet, M. Casalonga reprend l'exposé de ses vues sur la Thermodynamique, vues qu'il a fait connaître dans de précédents congrès, et qui peuvent se résumer ainsi : 1° le principe de Carnot serait inexact; 2° le rendement de la chaleur anéantie ou dépensée, dans les conditions qu'il a indiquées, serait une

constante, soit 29 0/0 pour le trajet direct qui a servi à Mayer dans la détermination de l'équivalent mécanique de la chaleur, et 58 0/0 pour un tour complet de manivelle correspondant à la fermeture du cycle; 3° outre l'équivalent mécanique de la chaleur, ou équivalent de transformation, il y aurait lieu d'adopter un équivalent mécanique de dépense totale, dont la valeur serait 250 *kgm.*

M. Soreau rend hommage à la ténacité de notre collègue pour faire triompher ses idées, et à la somme considérable de travail et de réflexion qu'elles ont dû lui coûter. Mais il doit constater que l'auteur, après beaucoup d'autres, a mal interprété le principe de Carnot. Pour une quantité de chaleur déterminée et entre deux températures données, Carnot a indiqué une limite supérieure du rendement des moteurs thermiques. Cette limite supérieure est réellement indépendante de la nature du corps transformateur, mais il n'en est pas de même, comme on l'écrit trop souvent, du rendement des moteurs réels. Elle ne peut être atteinte avec les machines à vapeur, vapeur d'eau ou autres; elle peut l'être au contaire, théoriquement du moins, avec les autres moteurs thermiques, et constitue alors un véritable maximum. Il y a donc lieu, pour obtenir le rendement d'une machine, de multiplier le coefficient économique de Carnot par un coefficient réducteur qui, lui, dépend de la nature du corps transformateur. Ce coefficient a été étudié par Zeuner pour les machines à vapeur d'eau. M. Yarrow a montré qu'il peut être amélioré en substituant à la vapeur d'eau la vapeur de naphte. Enfin M. Diesel a obtenu un coefficient réducteur très voisin de 1 avec un moteur à combustion intérieure de pétrole.

Le mérite de Carnot a été de montrer l'influence de la chute de température, d'indiquer une limite supérieure des rendements entre des températures déterminées, et de déterminer la nature des transformations propres à atteindre cette limite. Et c'est précisément en se rapprochant de ces conditions que, dans ces dernières années, notre collègue M. R. Diesel a créé, par des considérations théoriques, le moteur dont il vous entretiendra dans une prochaine séance.

L'ignorance où était Carnot de la distinction, faite plus tard par Clausius, entre le travail intérieur et le travail extérieur, n'a pu influer sur la valeur de sa conception du cycle, puisque, dans un cycle, le travail extérieur est seul en jeu.

Les aéroplanes. — M. L. Henry, Ingénieur en chef de la marine, présente sur les aéroplanes un mémoire dont l'analyse exigerait des développements que notre compte rendu ne comporte pas. Au reste, les questions essentielles de la force motrice, du départ et de l'atterrissage n'y sont pas examinées, et l'auteur n'a pas résolu les questions non moins essentielles relatives à la stabilité longitudinale et transversale, à la stabilité de route, et au maintien de l'angle d'attaque entre les étroites limites où il peut varier. M. Henry préconise une carène en forme de cigare, flanquée de deux ailes jumelles qui peuvent se déplacer de façon que le milieu de la traverse qui les unit décrive une ligne droite.

M. Casalonga estime que son moteur permettrait de hâter la solution du problème de la navigation aérienne.

Électricité.

(Les communications relatives à l'Électricité ont été faites à la section de Physique.)

Simplification des unités électriques. — M. A. Blondel, professeur à l'École des Ponts et Chaussées, expose les inconvénients que présente pour les industriels, et notamment pour les constructeurs de machines, la dualité entre le système CGS, et le système, dit pratique, de l'ampère, de l'ohm et du volt. Il montre combien il serait malaisé d'établir un système d'unités magnétiques cohérent avec le système pratique, et conclut à l'urgence d'adopter uniquement le système CGS, en rajeunissant les unités par des noms analogues à ceux de l'autre système, et en adoptant, s'il est besoin, les préfixes kilo, méga, etc., milli, micro, etc. Cette savante étude a été publiée par *l'Éclairage électrique* du 7 octobre.

Les ondes hertziennes dans la télégraphie. — M. Turpain, professeur à l'École des sciences de Bordeaux, estime que l'application des ondes hertziennes à la télégraphie sans fils n'est possible que pour de petites distances, en raison de l'impossibilité de maintenir rigoureusement cylindriques les faisceaux d'ondes émis, et de l'absorption par les milieux interposés.

Mais ces ondes peuvent être utilement employées dans la télégraphie avec fils. C'est ainsi que l'auteur a imaginé d'assurer, avec un fil unique, les intercommunications simultanées de toutes les stations, en décelant les ondes envoyées au moyen de

résonateurs à coupure. Pour que ces résonateurs fonctionnent indépendamment les uns des autres, il faut constituer des excitateurs monochromatiques. M. Turpain présente le type qu'il a fait construire.

Phonographe Amans. — M. Amans présente un phonographe à long banc, dont l'outil traceur a une forme rationnelle, et qui reproduit la voix avec plus de naturel que les phonographes américains.

Communications diverses.

Lampe à acétylène. — M. Gossart présente une lampe à acétylène dont la particularité consiste dans l'emploi de tubes capillaires pour régler l'attaque du carbure par l'eau. On évite ainsi toute rétrogradation de flamme explosive, et on obtient un débit très élastique.

Propriétés photométriques des lentilles industrielles et des projecteurs de lumière (Communication faite à la section de Physique). — M. A. Blondel, professeur à l'École des Ponts et Chaussées, reprend ses travaux bien connus sur les lentilles industrielles et les projecteurs de lumière par une méthode plus simple, qui permet de déterminer l'éclat réel de la face de sortie.

Fumivore Mugna. — Notre Collègue M. D.-A. Casalonga décrit un fumivore imaginé par M. Mugna, et installé à l'arsenal de Turin. Des palettes à axe vertical plongent en partie dans l'eau; la rotation de ces palettes aspire le gaz, et le lavage des fumées se fait dans l'eau en mouvement.

Examen intérieur des tubes métalliques (Communication faite à la section de Physique). — M. Secrétan présente un scrutateur optique pour l'examen intérieur de tubes métalliques de 40 à 115 *mm* de diamètre. Cet appareil a été construit sur les données de M. Vinsonneau, Ingénieur civil.

Règle à calculs (Communication faite à la section de Mathématiques). — M. Beghin, professeur à l'École des Arts Industriels de Roubaix, présente un ingénieux modèle de règle à calculs qui permet de résoudre, par un seul mouvement de la réglette, les opérations effectuées avec les autres règles; on obtient une approximation deux fois plus grande.

Fixation des dunes par les plantations. — M. Poisson rappelle les résultats obtenus par Chambrelent dans les landes de Gascogne, puis il cite les essais tentés sur la côte boulonnaise, notamment à Paris-Plage. Il fait adopter un vœu pour que l'Administration multiplie ces essais.

Accidents dus aux meules. — M. Petiton, Ingénieur civil des Mines, parle des accidents dus aux meules artificielles, et demande que les 2e et 3e sections expriment un vœu sur les moyens de les éviter, notamment en prescrivant qu'on laisse un espace suffisant entre les meules et le banc fixe qu'elles comportent.

M. le président Dislère, tout en reconnaissant l'intérêt de la question, observe qu'il y aurait actuellement de grandes difficultés à modifier la législation du travail; il propose de s'en tenir à attirer sur ce point spécial l'attention des inspecteurs du travail.

Sur le mot « rail. ». — Mention est faite d'une notice de notre Collègue M. W. Grosseteste sur les origines et l'emploi du mot *rail* dans la langue française.

DEUXIÈME PARTIE

EXCURSIONS

Les membres du Congrès ont fait de nombreuses visites aux environs de Boulogne, puis une excursion finale dans la région de Douai.

Toutes ces excursions présentaient, à des titres divers, un très réel intérêt; mais, pour ne pas charger ce compte rendu, nous nous bornerons à vous signaler celles qui sollicitaient plus particulièrement l'attention des Ingénieurs.

Le port en eau profonde de Boulogne.

Boulogne occupe une situation maritime importante. Bâtie en un point de la côte où les tempêtes sont fréquentes, — et où par conséquent un refuge est précieux pour les navires qui vont en Angleterre, ou qui doivent s'engager dans le détroit, — placée

au premier rang des villes qui se livrent à l'industrie de la pêche, susceptible d'alimenter un trafic d'exportation par ses communications rapides avec Paris et Londres, par les nombreux produits industriels de la région du Nord et par ses propres produits tels que phosphates, ciments et fontes, elle était tout indiquée pour la création d'un port d'abri et de commerce.

En 1878, le Parlement adopta un vaste projet dû à M. Stœcklin, Ingénieur en chef des Ponts et Chaussées. Ce projet comportait une enceinte, avec deux passes, formée de deux digues sensiblement perpendiculaires à la côte et réunies par la digue du large. Les trois digues avaient un développement d'environ 4 500 *m*, et englobaient 300 *ha*. A l'intérieur de cette superbe rade et perpendiculairement à la côte, on devait construire une traverse d'accostage, entourée de quais accessibles à toute heure de marée pour des paquebots ayant 5 *m* de tirant d'eau.

Ce projet n'a été réalisé qu'en partie. On a construit un des côtés latéraux et la moitié environ de la digue du large, soit au total 2 100 *m* environ. C'est à cet ensemble qu'on a donné le nom de digue Carnot, digue qui a été décrite dans la partie relative aux mémoires présentés au Congrès.

La digue Carnot suffit à assurer un excellent abri contre les vents dominants de l'ouest et du sud-ouest, d'ailleurs les plus dangereux. De plus, elle a eu pour effet de modifier le régime des courants à l'entrée du port; aujourd'hui ces courants sont en sens inverse de la direction des vents régnants, ce qui contribue beaucoup à faciliter l'entrée. Actuellement, la profondeur au-dessous de zéro hydrographique est de 8 *m* sur une superficie de 38 *ha*, dont 17 peuvent être utilisés pour le mouillage des grands navires, tels que les transatlantiques de la Compagnie Hollando-Américaine et de la Compagnie Hambourgeoise-Américaine.

Ces résultats ont incité le Gouvernement à retarder l'achèvement du projet de 1878, qui est pour le moins ajourné; il semble, du reste, qu'une simple prolongation de la digue du large suffirait à assurer un excellent abri contre tous les gros temps.

Les ciments du Boulonnais.

La visite à la Société des Ciments français et de Portland nous donne l'occasion de signaler, par quelques chiffres, l'importance de l'industrie des ciments, liée aux perfectionnements des divers produits hydrauliques.

En France, la région du Boulonnais tient la première place dans cette industrie. Aussi, à Boulogne et dans les environs, les Sociétés de Ciment sont-elles nombreuses; en 1898, leur production atteignait 638 000 *t*, contre 450 000 de ciment à prise lente et 100 000 de ciment à prise rapide pour le reste de la France. Sur les 638 000 *t* produites en 1898, 67 000 seulement ont été exportées.

Cette industrie occupe actuellement 2 400 ouvriers dans le Boulonnais.

Tramways électriques de Boulogne.

Cette Société, au capital de 2 millions de francs, a eu à réaliser son exploitation dans des conditions assez difficiles. Son réseau très court (9,400 *km*) présente en effet un profil particulièrement accidenté, puisque les déclivités atteignent 95 et même 100 *mm* par mètre. Il est donc intéressant d'indiquer les conditions générales de cette entreprise.

La station centrale comprend trois génératrices de 150 kilowatts chacune du système Thomson-Houston. Ces génératrices sont hypercompound à six pôles, avec induits bobinés en tambour; elles ont une vitesse de 400 tours.

Elles sont actionnées par trois Corliss pouvant développer 300 *ch*, et construites par MM. Garnier et Faure-Beaulieu à Paris. Elles sont à simple détente, à condensation avec réfrigérant du système Bohler, et marchent à la vitesse de 85 tours. Les dimensions du cylindre sont : diamètre, 460 *mm*; course, 1,080 *mm*; pression, 7 *kg*.

Le transport de force est fait par trois feeders : l'un aérien, de 100 *mm* de section avec deux fils de trolley, les deux autres souterrains, de 350 *mm* de section. Le fil aérien de trolley est en cuivre dur de 25,5 *mm*: il est double sur les lignes à voie simple où le trafic est assez important; on évite ainsi l'emploi d'aiguilles aériennes, en même temps qu'on augmente la section des conducteurs.

Le retour du courant se fait par les rails, dont la continuité est assurée par des rail-bounds du type Chicago, de 9,4 *mm* de diamètre, employés par paires à chaque joint. De plus, une connexion transversale relie entre eux les rails tous les 30 *m*.

Les voitures sont munis de deux moteurs de 35 *ch*. La régulation s'obtient par la méthode série-parallèle au moyen de con-

trollers de la General Electric Company. Deux interrupteurs généraux, dont l'un est automatique, permettent d'interrompre le courant si l'un des controllers ne fonctionne plus ou s'il se produit des efforts anormaux. En outre, chaque voiture possède un coupe-circuit fusible.

Les voitures pèsent 8,5 *t* à vide; en raison des pentes exceptionnelles, elles sont munies de quatre systèmes de freinage : 1° frein à bloc agissant sur les roues; 2° frein à patins que l'on descend sur les rails; 3° frein électrique parmi se en court-circuit des moteurs sur eux-mêmes; 4° renversement du courant.

Le service d'été a été assuré par dix-neuf voitures qui, pendant le mois de septembre, ont parcouru 61 695 *km*. Pendant ce même mois, l'usine a fourni 47 350 kilowatts-heure, avec une consommation de charbon de 137 *t*.

La consommation moyenne d'énergie électrique par voiture-kilomètre à l'usine a été de 767 kilowatts-heure, consommation assez forte résultant des profils très accidentés. La consommation de charbon par kilowatt fourni ressort donc à 2,889 *kg*. Or, d'après les essais effectués à l'usine, la consommation théorique des machines, c'est-à-dire à charge constante et maximum, déduction faite de toutes les purges, est seulement de 1,750 *kg*. Cette différence énorme est due à la variation continuelle de la charge en service courant, charge qui saute souvent de 0 à 200 ampères : d'où le mauvais rendement de la dynamo et du moteur à vapeur.

Quoi qu'il en soit, et en dépit des déclivités importantes dont nous avons parlé, le service des tramways de Boulogne ne laisse plus rien à désirer, et les Congressistes ont pu s'en assurer par eux-mêmes, grâce au libre parcours que la Compagnie des Tramways électriques avait mis gracieusement à leur disposition.

Fabrique de plumes, porte-plumes et crayons Baignol et Farjon.

Cette industrie, si curieuse par la multiplicité de ses opérations, est centralisée à Boulogne-sur-Mer, où il existe trois fabriques. Nous avons eu la bonne fortune de visiter celle de MM. Baignol et Farjon, dont M. Farjon nous a fait les honneurs.

Plumes. — La matière première est un acier fondu très homogène, peu riche en carbone, provenant d'une maison anglaise

de Sheffield, W. Jessop et Sons. La faible consommation annuelle (300 *t*, réduites à 180 *t* par la refonte des déchets de fabrication qui atteignent 40 0/0), n'a pas tenté nos aciéries françaises.

La tôle employée est reçue avec une épaisseur de 6/10 *mm*, par suite de raisons douanières; il faut donc la réduire à l'épaisseur convenable, et lui faire subir pour cela le découpage, le recuit, le dérochage ou décapage, le laminage à froid.

L'acier pour plumes, remarquablement homogène, peut supporter jusqu'à 15 passes à froid et subir un allongement de quatre à cinq fois sa longueur première.

Les opérations de fabrication se divisent en deux parties :

1° Sur la plume découpée dans la tôle plate : la coupe, le percé, la marque, l'estampage;

2° Sur la plume formée en relief : la forme, le limage, la fente.

Toutes ces façons se font à la main, une à une, par des femmes qui acquièrent une grande dextérité. En outre, avant et après l'opération de la forme, les plumes sont soumises à des opérations au feu (trempe et recuit), qui ont pour but de durcir ou d'adoucir le métal, pour arriver à l'élasticité convenable.

Toute la délicatesse du travail repose sur la perfection non pas des machines, qui sont très simples (petites presses à vis, moutons, découpoirs), mais de l'outillage proprement dit, consistant surtout en couteaux à découper et en matrices de refoulement. Plus qu'en aucune autre industrie, le rôle de l'outilleur est prépondérant, en raison de la délicatesse et de la précision à obtenir; c'est cette délicatesse qui n'a pas permis le travail de découpage et d'estampage en série. L'ouvrière doit en effet contrôler, pièce par pièce, la perfection de l'opération qu'elle est chargée d'effectuer, en l'arrêtant aussitôt qu'elle remarque une usure dans l'outillage. Chaque ouvrière arrive ainsi à passer, par jour, 100 à 150 grosses de plumes, une par une, pour chaque opération.

La trempe se fait par un chauffage en vase clos au rouge clair, suivi d'une chute dans l'huile à la température ambiante.

Crayons. — Dans tout crayon il faut considérer la mine et la gaine.

Les principales variétés de mines sont :

1° Les mines de graphite, mélange de plombagine et d'argile;

2° Les mines de couleur provenant soit des extraits de la houille, soit de terres colorées;

3° Les mines de pierre noire, mines d'ardoise, mines à copier à l'aniline.

Les mines de graphite et d'argile sont débarrassées des matières étrangères par des lavages méthodiques, puis mises au moulin pour les broyer pendant plusieurs semaines. La pâte est ensuite soumise à des mélanges répétés (tréfilage par pression, battage au maillet); puis on file la mine, c'est-à-dire qu'on la fait passer par pression dans une filière qui lui donne son profil final.

Les filaments sont coupés à longueur, mis à sécher et cuits à l'abri de l'air dans des creusets de graphite; cette cuisson a pour but de durcir l'argile contenue dans la mine. Celle-ci est alors placée dans sa gaine, ordinairement en bois, dont la préparation se fait au moyen de machines d'une grande ingéniosité.

A la fin de cette visite très intéressante, M. Farjon mettait ses visiteurs à même d'apprécier la qualité de ses produits, en offrant à chacun une boîte d'échantillons variés.

Fonderies Wauthy.

Après une visite au Musée de Douai et aux monuments archéologiques de la ville, la plus grande partie des congressistes s'est rendue aux Fonderies Wauthy, les plus importantes de la région du Nord. Ces fonderies, créées en 1854 et administrées de père en fils, possèdent à Corvin une succursale importante pour les petites pièces.

L'usine de Douai s'est spécialisée dans la fonte des pièces de poids exceptionnels : c'est ainsi qu'elle a fourni les cinq blocs des chabottes des Forges de Douai, pesant chacun 55 *t*. Par l'intermédiaire des grandes maisons de constructions, comme Fives-Lille, Cail, Dujardin, etc., elle livre les pièces les plus importantes des machines à vapeur, des sucreries du Continent et des Colonies. Son outillage très moderne lui permet de faire, à raison d'un par jour, des anneaux de cuvelage d'une seule pièce ayant 5,70 *m* de diamètre sur 1,50 *m* de hauteur, pesant 12 à 15 *t*, tournés, assemblés et essayés à 20 *kg* de pression pour en garantir l'étanchéité. Cette maison s'est fait également une spécialité des grandes cuves en fonte pour la distillation du pétrole.

Elle s'est considérablement agrandie dans ces dernières années,

et a installé tout un système fort intéressant d'appareils de levage pour lesquels on a créé une station électrique de 300 *ch.*

Le Congrès, lors de sa visite, a assisté à la coulée d'un demi-volant de 7 *m* de diamètre, 2 *m* de largeur de jante à 32 câbles, du poids de 22 *t;* on a pu examiner une série de cylindres à vapeur du poids de 15 *t*, et des bâtis de 20 *t*, qui donnaient bien l'idée de la puissance des moyens de production de l'usine de M. Wauthy qui a fait, avec son fils, les honneurs de ses ateliers avec une parfaite bonne grâce.

Forges de Douai.

Au nombre des visites organisées par la Société d'Agriculture des Sciences et des Arts de Douai se trouvait celle des Forges de Douai, dont M. P. Arbel, assisté de son Conseil d'Administration, a eu l'avantage de faire les honneurs aux Membres du Congrès.

Les Forges de Douai occupent une superficie de 5 *ha* sur les anciens remparts de la ville, entre la grande ligne de Paris à Lille et le métropolitain de Douai, qui les relie au canal de la Scarpe. Elles furent créées en mai 1894, et le premier coup de pilon a été donné le 3 janvier 1896.

Elles sont divisées en trois ateliers principaux : Forge, Ajustage, Emboutissage.

Le hall de forge comprend neuf pilons, dont un de 30 *t* de puissance, 3,800 *m* de course, à jambages en tôle d'acier, desservi par deux ponts roulants électriques de 45 *t* et de 25 *t*; la chabotte pèse 165 *t*. Chaque pilon est desservi par deux fours ou deux forges, et chaque four est suivi d'une chaudière qui utilise les flammes perdues du four.

Toutes les fumées sont centralisées dans une galerie unique, où elles traversent un réchauffeur d'eau d'alimentation avant de se rendre à la cheminée.

L Ajustage est divisé en trois travées; la nef centrale est desservie par un pont roulant électrique de 30 *t*, et l'une des nefs latérales par une grue électrique monorail de 6 *t*.

Parmi les machines-outils, nous signalerons : un tour double Ducommun à huit outils, pouvant tourner 20 *m* de long et 20 *t* de poids; un tour de Grafenstaden à fileter, de 18 *m* entre pointes; une foreuse de 40 *m* de long; deux machines à mortaiser de

1,30 *m* de course, faisant des copeaux de 95 *mm* de large, avec 1 1/2 *mm* d'avancement; une machine à raboter de 8 *m* de plateau; un tour électrique pour essieux montés, de Grafenstaden; nombre de machines-outils américaines.

L'Emboutissage, desservi par un pont électrique de 6 *t*, comprend une grande presse de 350 *t* de puissance, ayant un plateau de 3,10 *m* de diamètre entre colonnes. Des tables spéciales permettent de faire des emboutis de 4 *m* de long. Le travail est opéré par trois pistons inférieurs et un piston supérieur de décrochage.

Il existe une deuxième presse de 100 *t* qui va être portée à 400 *t*, mais qui n'a qu'un plateau de 1 *m* de diamètre.

L'eau est fournie aux presses, à la pression de 105 *kg* par centimètre carré, par un accumulateur à guidage central d'une capacité de 250 *l*. Cet accumulateur est muni de soupapes de choc, d'arrêt et de décharge; il est alimenté par des pompes à trois corps, mues électriquement.

Une station centrale électrique porte le mouvement et la lumière dans toutes les parties de l'usine. En outre, une installation importante d'air comprimé actionne tout un ensemble d'appareils pneumatiques, marteaux à buriner, machines à percer, vérins élévateurs, etc.

Les Forges de Douai se sont spécialisées dans toutes les grosses pièces de forge de la Marine, des constructions navales et mécaniques. Elles livrent journellement des arbres pleins et forés, droits ou coudés, bruts ou finis, jusqu'à 20 et 24 *t* de poids et 18 *m* de longueur. La production de la forge a atteint cette année 2 500 *t*. L'emboutissage des pièces de chaudronnerie, chemins de fer, etc., s'est aussi considérablement développé et atteindra cette année 1 500 *t*.

Il est bon de remarquer que l'emboutissage hydraulique donne, pour les pièces de chaudières, une sécurité autrement grande que le long et pénible travail à la main. Au lieu de subir un grand nombre de chauffages partiels qui finissent toujours par détériorer le métal, la tôle est uniformément portée, d'une seule opération, à la température du rouge cerise clair, dans un four bien réglé, et subit l'emboutissage dans des conditions d'homogénéité et de rapidité parfaites. De plus, les mandrins et matrices employés sont ajustés de telle sorte que les produits sont tout à fait réguliers, sans évasements ni plissements.

Mines de Lens.

En quittant Douai, les Congressistes ont visité les installations des Mines de Lens.

A la gare les attendait, avec un train spécial, le sympathique Directeur général, M. Reumaux, assisté de M. Bollaert, chef du Service commercial, et de M. Laffitte, chef des travaux du fond, Ces messieurs ont tenu à nous faire eux-mêmes les honneurs de leur intéressante exploitation.

Quelques chiffres sont nécessaires pour en faire comprendre toute l'importance :

Étendue des concessions de Lens et Douvrin	6 939 *ha*
Nombre de puits	12
Usine de fabrication de briquettes	1
Port de chargement pris sur la Haute Deule	1
Lavoirs (2 500 *t* par jour)	3
Fours à coke	480
Usines de récupération de sous-produits	2
Chemin de fer à voie normale reliant les puits aux gares de Lens, Pont-à-Vendin et Violaines	114 *km*
Locomotives	30
Wagons	1 497
Force motrice	16 228 *ch*
Production annuelle de charbon en 1860.	99 897 *t*
Production annuelle de charbon en 1899.	3 055 000 *t*
Production actuelle des fours à coke	380 000 *t*
Personnel	10 817
Nombre de maisons pour employés et ouvriers	4 180
Écoles privées donnant l'instruction à	3 528 enfants

Le capital de cette magnifique entreprise n'est que de 3 millions. Pour donner une idée du prodigieux développement des mines de Lens, il nous suffira de rappeler que les actions ont acquis une valeur égale à plus de 200 fois le capital versé à l'origine, et qu'il a été dépensé en installations de toutes natures la somme de 56 millions de francs prélevée sur les bénéfices.

L'excursion, malheureusement très écourtée, comprenait la visite de la cité ouvrière du Moulin, de la fosse n° 8, de l'usine

à récupération, des fours à coke, lavoirs, cité, écoles, et du port d'embarquement de Pont-à-Vendin. Le temps manquait pour une visite du fond.

Nous devons signaler la disposition des fours à coke, dont les gaz sont récupérés pour être débarrassés de leurs sous-produits, eaux ammoniacales, goudrons, etc., après avoir chauffé les batteries de chaudières. Une partie de ces gaz va être utilisée pour l'installation d'une usine à carbure de calcium, concurrence inattendue aux chutes d'eau. Nous devons signaler également le port d'embarquement, muni de 30 trémies de chargement automatiques qui permettent la répartition du combustible dans les bateaux. Cette installation est due à l'intelligente initiative de M. Reumaux; elle permet de charger 5 000 *t* par jour.

La visite s'est terminée par un lunch dans la remise des locomotives; M. Reumaux a souhaité la bienvenue aux Membres du Congrès, et M. le général Sébert, qui conduisait les Congressistes, a répondu en exprimant tous les remerciements des visiteurs pour l'accueil si cordial qui leur était fait, et en louant la perfection, l'ingéniosité et aussi l'humanité qui avaient présidé aux belles installations que nous venions d'admirer.

Aciéries de France.

La visite des Aciéries de France présentait un intérêt tout particulier pour les Congressistes, en ce qu'ils ont trouvé réunis à Isbergues tous les genres de production de la matière première métallurgique, coke, minerais, hauts fourneaux, aciéries Bessemer et Martin, fonderie de fonte et d'acier, laminage des produits marchands, poutrelles, rails, profilés, traverses métalliques, etc.

Cette Société, au capital de 10 millions de francs, possède quatre genres d'exploitation :

1° Les mines de houille et usines de la régie d'Aubin (Aveyron), dont les houillères extraient 340 000 *t* par an. L'usine d'agglomérés produit 50 000 *t*, et les fours à coke 10 000 *t* par an;

2° Les mines métallurgiques, comprenant plusieurs concessions de mines de plomb argentifère, cuivre, zinc et fer : à Creissels, par Millau (galène argentifère); à Minier (plomb); à Picheguet (Minerai de cuivre, zinc, plomb et argent); à Villefranche, près de Toulouse (galène argentifère); à Baume (galène et blende);

usine de grillage et fabrication d'acide sulfurique à la Maladrerie, près de Villefranche ;

3° Les Forges et Laminoirs de Paris, situés à Grenelle, qui vont être déplacés pour être transportés à Javel sur un terrain de 4 *ha*. Actuellement Grenelle produit principalement des fers à plancher pour les constructions de Paris, en traitant de vieux rails en fer. La production atteint 30 000 *t* par an. L'usine nouvelle de Javel comprendra, en plus des laminoirs de Grenelle, une aciérie Martin qui fera surtout des aciers moulés.

4° Les Aciéries d'Isbergues (Pas-de-Calais), qui ont fait l'objet de notre visite.

Nous passons sous silence la constitution de ces aciéries, décrites bien des fois, pour arriver rapidement aux améliorations et agrandissements effectués depuis peu.

Située entre le canal d'Aire à la Bassée et la ligne de Dunkerque à Paris, l'usine occupe 35 *ha* de superficie ; elle fut mise en feu en 1883. Elle comprend :

1° 3 hauts fourneaux, avec appareils Withwell, de 100 *t* de capacité journalière ;

2° 30 chaudières, représentant 2500 m^2 de surface de chauffe, et chauffées par les gaz des hauts fourneaux. Les minerais proviennent de Somorostro, près de Bilbao ;

3° 100 fours a coke, système Evence Coppée ;

4° 2 convertisseurs Bessemer, de 8 *t* de capacité ;

5° 3 cubilots de fonderie de 9 *t* de capacité à l'heure ;

6° 3 petits cubilots à Spiegel.

En marche normale, avec la fonte provenant directement des deux hauts fourneaux et celle provenant de la fusion d'un cubilot, on arrive à produire, dans les 24 heures, à deux postes, 56 coulées Bessemer pour 420 *t* de lingots. Avec un cubilot en plus, on est parvenu à produire, dans le même temps, 540 *t* de lingots avec 72 coulées ;

7° 1 train blooming et un train finisseur, pouvant produire de 350 à 470 *t* de rails en 24 heures ;

8° 2 trains trios de 0,450 *m* de diamètre, à 4 paires de cages pour petits profils ;

9° 1 four Martin de 15 *t* pour les produits fins et les aciers coulés.

La production totale actuelle est de 100 000 *t* soit 80 000 *t* de rails et 20 000 *t* d'aciers marchands.

Installations récentes. — Les Aciéries d'Isbergues viennent d'installer récemment :

Un transport aérien, pour la manutention des matières premières arrivant par eau ; un lavoir à charbon de 300 *t* par 24 heures ; une série de fours verticaux, avec pitts chauffés et non chauffés, pour le réchauffage des lingots avant le laminage ; une cisaille hydraulique, type Brauer et Schumacker, pouvant couper 480 × 480.

Le blooming a été complètement remanié ; il est aujourd'hui avec ripeur-retourneur et rouleaux mécaniques, permettant le mouvement automatique des lingots, dont le poids peut atteindre 4 000 *kg*. La machine du blooming est à deux cylindres, de 4 500 *ch*.

On a préparé également les fondations d'un nouveau train à rails, qui sera monté dès qu'un ralentissement se produira dans les commandes. La machine de ce train, de 6 000 *ch*, à trois cylindres, vitesse de 130 tours, a été construite par la maison Martin Quillacq, d'Anzin ; son arbre à trois coudes a été forgé et tourné par les Forges de Douai.

Les Congressistes ont été très vivement intéressés par cette visite si variée d'aspect, dans laquelle ils ont été guidés avec la plus grande bienveillance, en petits groupes, par le personnel supérieur de l'Usine. Une cordiale réception réunissait ensuite tous les visiteurs.

Traction électrique des bateaux, système Michel Galliot.

En visitant le port de chargement des Mines de Lens, à Pont-à-Vendin, les Congressistes avaient été frappés de l'encombrement invraisemblable des bateaux, qui obstruaient complètement le canal de la Haute Deule.

Ayant eu la bonne fortune d'avoir avec nous M. La Rivière, Ingénieur en Chef des Ponts et Chaussées de Lille, et M. Bourgeois, Ingénieur des Ponts et Chaussées de Douai, plusieurs d'entre nous questionnèrent à ce sujet ces Messieurs, qui nous expliquèrent les causes du mal, et nous montrèrent en même temps le remède sous la forme du cheval électrique, système Galliot, pour la remorque des bateaux.

Il ne faut pas perdre de vue que le trafic des canaux en France,

en 1896, a atteint 4 191 122 912 *t-km*, avec une augmentation annuelle de 124 millions. On comprend aisément quelle perturbation peut apporter le moindre arrêt dans une semblable manutention. Si l'on tient compte des chômages, de la sécheresse, de la gelée, du manque de chevaux, etc., on voit de quelle utilité peut être tout système de traction de nature à améliorer le rendement des canaux.

Le halage par locomotive a échoué après un essai de plusieurs mois, sur le canal d'Aire et sur la Deule. La principale cause d'insuccès était l'obligation d'installer une voie sur le chemin de halage, et l'emploi d'une machine propre à donner de la vitesse alors qu'il n'en faut pas.

Le tricycle de M. Galliot, qui réalisa de si belles expériences en 1895-1896 sur le canal de Bourgogne, est une sorte de petite locomotive routière automobile, qui circule sur le chemin de halage, sans rails, et hale le bateau à une vitesse de 2,500 à 3 *km*, alors que la traction animale ne dépasse pas 1,200 *km*. Elle emprunte le courant à un câble aérien, à l'aide d'un chariot roulant relié à la dynamo réceptrice par un conducteur flexible.

Ce tricycle électrique se compose d'un châssis porté par deux roues motrices à l'arrière, et d'une roue directrice à l'avant. Une dynamo réceptrice, placée entre les deux bras du châssis, communique le mouvement aux roues motrices par une vis sans fin qui actionne une roue dentée calée sur l'essieu arrière. Le câble de halage est fixé à l'arrière, entre les roues motrices, où il est relevé par un chevalet à la hauteur suffisante pour passer pardessus les bateaux en stationnement. Les roues d'arrière ont leur jante revêtue de fibre d'aloès, pour augmenter l'adhérence. Le châssis porte une cabine qui abrite le conducteur et les appareils de conduite et de direction.

Les brevets de M. Galliot sont exploités par la Société Denèfle, Galliot et Papot, qui se propose d'étendre ses installations aux canaux les plus fréquentés des réseaux français et belge; c'est ainsi qu'elle a créé les filiales suivantes :

1° Société Anonyme de Traction électrique des Bateaux sur les canaux de l'Aire et de la Deule, avec extension jusqu'à l'Escaut;

2° Compagnie Générale de Traction Électrique sur les voies navigables de la Belgique, de la Hollande et de l'État du Congo.

Enfin elle est sur le point de constituer des filiales dans les contrées du Midi, de l'Est et de l'Alsace-Lorraine.

Le cadre de ce compte rendu ne nous permet pas de nous étendre sur les particularités et l'intérêt de ce système; nous préférons renvoyer les Collègues que la question intéresse au rapport que MM. La Rivière et Bourguin, Ingénieurs en chef des Ponts et Chaussées, ont présenté en 1898 au Congrès de Navigation de Bruxelles; ils y trouveront des renseignements techniques très démonstratifs.

Pour apprécier l'avantage que les mariniers peuvent avoir à employer le tricycle électrique de M. Galliot, il suffit de savoir que la Société électrique demande toute l'année 0,90 *f* de la tonne kilométrique, alors que la traction animale prend, suivant les circonstances, de 1 *f* à 2,50 *f*.

La Société de traction dans le Nord exploite une concession de 50 *km* de Marles à Couchelette. Depuis juillet 1898, la section de Béthune à Pont-à-Vendin a été mise en exploitation, avec une seule ligne de trolley. Actuellement, entre Béthune et Courchelette, le long du canal de l'Aire, de la Deule et de la dérivation de la Scarpe, la Société installe une double voie de halage et de contre-halage.

Sur cette concession, il a été établi quatre usines électriques, savoir :

A Beuvry, sur le canal de l'Aire (200 *ch*); à Bauvin, sur la Deule (350 *ch*); à Oignies, sur la Deule (400 *ch*); à Douai, sur la Scarpe (400 *ch*).

Enfin, l'exploitation occupe 100 tricycles tracteurs qui peuvent traîner chacun deux bateaux.

On peut juger par là des services qu'est appelée à rendre à la navigation cette industrie qui n'a qu'un an et demi d'existence, et du développement qu'elle pourra prendre quand elle adjoindra, à la traction des bateaux, l'industrie du transport de force et de l'éclairage public sur les territoires qu'elle traverse.

Ascenseur des Fontinettes.

En quittant les Aciéries de France, les Congressistes se sont dirigés, sous la direction de M. La Rivière, vers l'ascenseur des Fontinettes. Cette œuvre des plus remarquables, inspirée des idées et des travaux d'un Ingénieur anglais M. Clarck, inventeur du système, fait le plus grand honneur à MM. Bertin et Gruson,

Ingénieurs en chef des Ponts et Chaussées, qui en établirent le programme, et à la Maison Cail qui en poursuivit les études et la construction.

L'ascenseur hydraulique des Fontinettes est établi sur le Canal de Neuffossé, qui réunit les ports de Calais, Gravelines et Dunkerque aux lits canalisés de la Lys et de l'Escaut, au Nord, et au Canal de Saint-Quentin, au Sud, faisant ainsi communiquer les Ports du Pas-de-Calais avec Lille et la Belgique d'une part, et, de l'autre, avec le bassin de la Seine et Paris.

Le canal au lieu des Fontinettes présente une chute totale de 13,13 *m*, qui nécessite, pour être régularisée, l'emploi de cinq écluses successives. Ces écluses ont des longueurs variant de 34,80 *m* à 35,10 *m*. On ne peut donc y faire pénétrer les bateaux de 38,50 *m*, très fréquemment employés dans la région. De plus, ces écluses successives occasionnent un encombrement qui entrave la navigation.

C'est pour remédier à cet état de choses que fut décidée la création d'un ascenseur hydraulique analogue à celui qui fonctionne à Anderton sur le Canal de Trent à Mersey. Une dérivation fut ouverte sur la rive droite du Canal de Neuffossé. Elle est pourvue d'une écluse de garde, et franchit le chemin de fer de Boulogne à Saint-Omer à l'aide d'un double pont-canal métallique de 20,80 *m* de portée. L'ascenseur est établi immédiatement en aval de ce pont-canal.

L'appareil se compose de deux caissons ou sas, où flottent les bateaux. Les deux sas reposent sur la tête de deux pistons qui plongent dans un cylindre de presse hydraulique installé au centre d'un puits cuvelé en fonte, de telle façon que l'un des pistons est en haut de sa course quand l'autre est à son point le plus bas. Les deux presses ont entre elles une communication qui peut être ouverte ou fermée.

Pour bien comprendre le fonctionnement de l'appareil, il faut remarquer que le poids d'un sas est le même, qu'il contienne ou non des bateaux; en outre, quand les deux sas sont de niveau et que la communication est ouverte entre les deux presses, le système est en équilibre si les deux sas ont le même poids; si au contraire les deux sas sont de poids différents, le plus lourd descend en forçant le plus léger à remonter.

Supposons le piston de l'une des presses en haut, celui de l'autre en bas, et la vanne du tuyau de communication fermée. Dans cette position, le sas soutenu par le piston en haut de course

est à la hauteur du canal supérieur et l'autre sas est au niveau du canal inférieur. On fait entrer un bateau dans chacun des sas qui prolongent les canaux, et on ferme les portes de retenue des sas et des canaux; puis on ouvre la vanne de communication entre les presses : le sas supérieur descend et le sas inférieur monte jusqu'à ce que les deux sas arrivent à la même hauteur. A ce moment il y aurait équilibre, si, pour forcer le sas supérieur à continuer sa descente, on ne l'avait chargé, au début, d'un poids d'eau égal à celui que contient une presse, en sorte qu'au lieu de s'arrêter au milieu de sa course il poursuit son mouvement jusqu'à ce qu'il ait atteint le niveau du bief inférieur. L'ascenseur constitue donc une balance hydrostatique formée de deux sas liés aux pistons de deux grandes presses hydrauliques.

Les corps de presses sont formés d'anneaux en acier laminé, sans soudure, de 0,160 *m* de hauteur, et de 0,055 *m* d'épaisseur; l'intérieur de ces cylindres est revêtu d'une chemise en cuivre. Les pistons, en fonte, ont 2,08 *m* de diamètre et 13,13 *m* de course; ils fonctionnent sous une pression constante de 25 *atm*, entretenue par des pompes et des accumulateurs.

Chaque sas, de 40,50 *m* de long, se compose de deux poutres espacées de 5,60 *m* d'axe en axe, présentant une hauteur de 5,50 *m* au milieu et de 3,50 *m* aux extrémités; ces poutres sont reliées par des entretoises de 0,525 *m* de hauteur, espacées de 1,50 *m*. La bordée a 10 *mm* d'épaisseur.

Chaque sas, ainsi que chaque extrémité des deux biefs, est muni de portes levantes, mises en mouvement deux à deux par des presses hydrauliques. Lorsqu'un des sas est en haut de sa course, il existe un jeu de 0,40 *m* environ entre son extrémité et celle de l'aqueduc correspondant. Au moment où l'on veut ouvrir les portes pour faire entrer ou sortir les bateaux, le joint est formé au moyen d'un tuyau en caoutchouc fixé à l'aqueduc, et recouvert par des lamelles d'acier, que l'on gonfle en y injectant de l'eau sous pression. De petites ventilles percées dans les portes permettent de remplir le vide avant d'établir la communication.

Deux rails placés dans la partie centrale suffisent pour guider le sas le long de ses tours. Toute la machinerie se compose d'une turbine actionnée par l'eau du bief supérieur, de quatre pompes de compression à double effet, et d'un accumulateur de 1 250 *l* de capacité.

L'ascenseur peut élever des bateaux de 300 tonneaux et de 38,50 *m* de longueur, 5 *m* de largeur, et 1,80 *m* de tirant d'eau. La masse totale à mettre en mouvement atteint 700 *t*.

Et pourtant, la manœuvre totale de l'ascenseur, l'entrée et la sortie de deux bateaux, y compris la montée et la descente, ne prend que 30 à 35 minutes, alors qu'à la remontée le passage des Fontinettes dure deux heures et demie. On peut arriver à passer ainsi, en quinze heures de travail, soixante bateaux dans les deux sens.

Le personnel nécessaire à la manœuve n'est que de cinq hommes; mais ce qui est encore plus méritoire, c'est que le chiffre des dépenses de fonctionnement et d'entretien inscrit au budget pour l'ascenseur des Fontinettes n'est que de 14 000 *f* par an, ce qui ferait 1 *f* pour chacun des 14 000 bateaux qui s'en servent actuellement, si l'emploi de cette œuvre d'art n'était absolument gratuit.

Cet ouvrage grandiose mérite à lui seul un déplacement, et donne à un haut degré l'impression de la puissance de l'art de l'Ingénieur.

M. l'Ingénieur en Chef La Rivière a poussé la complaisance jusqu'à faire fonctionner l'ascenseur à plusieurs reprises devant les Congressistes, dont beaucoup ont pu prendre place sur les bateaux soulevés.

Tel est, Messieurs, le compte rendu des mémoires présentés au Congrès de Boulogne et des excursions auxquelles nous avons pris part. Nous ne saurions terminer sans remercier ici l'Association Française pour l'Avancement des Sciences de l'accueil cordial réservé à vos délégués. Nous prenons aussi la liberté de joindre nos remerciements à ceux que son Président a adressés aux industriels qui nous ont ouvert toutes grandes leurs usines, ainsi qu'à la municipalité de Boulogne, et à la Société d'Agriculture, des Sciences et des Arts de Douai. Cette Société avait fait coïncider la célébration du centenaire de sa fondation avec la visite du Congrès, et, de concert avec la municipalité, avait organisé un programme d'excursions suivies d'une réception à l'Hôtel de Ville, dont nous avons gardé le meilleur souvenir.

LES
DÉVELOPPEMENTS DE L'ÉLECTRICITÉ
AUX ÉTATS-UNIS EN 1899

RÉCENTES INSTALLATIONS ÉLECTRIQUES

PAR

M. Marcel DELMAS

CHAPITRE PREMIER

Le nouveau métropolitain électrique de New-York.

J'ai déjà résumé quelques faits l'année dernière, dans le *Génie Civil*, sur la traction électrique en Amérique et à New-York.

On sait que cette ville présente une topographie toute spéciale. — Imaginez *(fig. 1)*, en beaucoup plus grand, l'île de la Cité, à

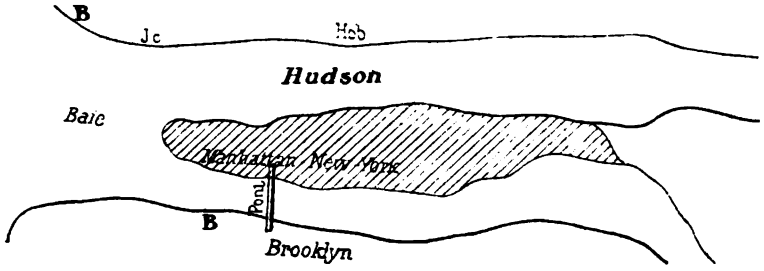


FIG 1.

Paris, beaucoup plus longue, et un peu plus large, et, au lieu de la Seine, de véritables bras de mer de chaque côté. — Vous aurez New-York, avec ses 20 à 25 *km* de long, et au maximum 2 à 3 *km* de large, puis, de chaque côté des deux bras de mer, les faubourgs. — Sur la rive gauche, Brooklyn, avec ses 1 500 000 habitants, relié par le célèbre pont suspendu, et, sur la rive droite, une série de villes industrielles, Bayonne, Jersey City, Hoboken, formant au total, avec New-York et Brooklyn, une agglomé-

tion de plus de 4 000 000 d'habitants embusqués tout autour de l'énorme baie de New-York.

Les affaires se concentrèrent petit à petit dans ce qui correspond à l'île de la Cité, à Paris, et qu'on appelle la presqu'île de Manhattan.

Le prix des terrains y augmenta jusqu'à valoir 4 000 et 5 000 *f* le mètre carré, et l'on en tira le plus de parti possible en construisant des immeubles pour bureaux, de 20 étages, 24 étages et même au delà. — Il en résulta une agglomération humaine effroyable, qui, habitant les environs, s'engouffrait dans la presqu'île aux mêmes heures, matin et soir; les rues devenaient trop étroites pour le torrent humain. — Le pont de Brooklyn, muni de six voies ferrées parallèles, et deux voies charretières, devenait insuffisant à débiter de pareilles foules. — Les bateaux (ferries) qui font le va-et-vient vers les faubourgs, n'assuraient qu'une faible part, et les tramways électriques qui remontaient vers le haut de l'île, étaient bloqués par la foule aux heures chargées.

Manhattan, étroite presqu'île, est parcourue de haut en bas par onze avenues parallèles, dont quatre ou cinq seulement arrivent jusqu'en bas de la ville, dont la pointe va se rétrécissant. — La capacité d'écoulement par les tramways, était donc d'environ:

5 avenues $\times$ 50 places $\times$ 60 départs $=$ 15 000 voyageurs à l'heure. Chiffre dérisoire, pour une ville de près de 2 000 000 d'habitants, dont un quart ou un tiers, doit faire presque chaque jour un va-et-vient dans la presqu'île, et cela presqu'aux mêmes heures.

L'engorgement était tel que les tramways, bondés, se succédaient en longue file, espacés l'un de l'autre d'à peine 30 à 40 *m* souvent beaucoup moins, mais la vitesse moyenne était alors réduite jusqu'à près de 8 *km*, chiffre bien insuffisant pour des gens pressés qui ont d'énormes distances à franchir, de leur domicile à leur bureau.

L'on se décida alors à dédoubler cinq des lignes de tramways, en leur construisant un second étage, une passerelle métallique à claire-voie, couvrant la rue à la hauteur du deuxième étage des maisons voisines, et, sur cette plate-forme surélevée, on installa un chemin de fer à vapeur, toujours au moins à double voie, quelquefois à triple voie.

Ce chemin de fer est également bondé et insuffisant aux heures d'affluence, et l'on a organisé, là où existe une troisième voie,

un service de trains express, qui, aux heures d'affluence dépassent les trains ordinaires et desservent de préférence les quartiers très éloignés.

Actuellement, il part un train toutes les deux ou trois minutes sur les avenues principales, aux heures chargées, toutes les cinq minutes sur les avenues plus latérales. Ces trains, de cinq voitures, peuvent contenir, en bourrant, environ 350 personnes, ce qui donne un écoulement total d'environ 30 000 à 40 000 voyageurs, par heure, chiffre encore insuffisant, étant donnée la congestion du bout de la presqu'île de Manhattan. — Ces trains cependant réalisaient déjà un grand avantage comme vitesse, car, ayant la voie débarrassée du trafic de la rue qui bloquait les tramways, ils n'arrêtent qu'à certaines stations, espacées en moyenne de 500 *m* environ, et n'y font qu'un arrêt de 4 à 5 secondes. Il est bien rare qu'il s'écoule 11 à 12 secondes entre l'arrêt complet et le démarrage. — Les portes grillées des voitures, pour la sécurité, ne s'ouvrent qu'à l'arrêt complet, et se ferment avant le démarrage.

Cette installation a coûté 150 millions de francs. Les actions, qui représenteraient au pair un capital nominal de 200 millions, sont cotées 108 pour le pair de 100. — Il n'y a pas d'obligations. — C'est le groupe Gould qui a la haute main.

La congestion de Manhattan allant toujours croissant, un groupe de capitalistes vient d'obtenir les concessions nécessaires pour établir un nouveau moyen de transport parallèle, à un troisième étage, mais cette fois sous les autres, dans un tunnel sous la chaussée. — Le travail va commencer.

Devant cette menace de concurrence, le chemin de fer sur viaduc aérien, a relevé le défi, et a convoqué un comité de six ingénieurs éminents, pour étudier les moyens d'augmenter la capacité de transport des viaducs métalliques. Parmi ces ingénieurs, se trouvent M. Baker, qui a été la cheville ouvrière du métropolitain électrique de Chicago, et M. Stillvell, qui s'est rendu célèbre comme ingénieur en chef et directeur de la grande usine électrique du Niagara.

Le problème, comparable à celui des stations d'éclairage pour le pic de la courbe diurne, consistait à utiliser les viaducs, et les concessions existantes, mais en augmentant la capacité de transport aux heures chargées, et en augmentant aussi la vitesse moyenne de transport, pour répondre à la prochaine concurrence du tunnel. — Il fallait que la dépense à engager fût

rénumératrice, et pour cela, il fallait d'abord une économie sur l'ensemble des dépenses annuelles, puis une augmentation des recettes au moment du pic de la courbe diurne du trafic. (Dans le milieu du jour, il n'y a à espérer d'augmentation de trafic que celle qui résultera de l'attrait, pour le voyageur d'une plus grande vitesse).

Il y a actuellement 64 *km* exploités sur viaduc, représentant 177 *km* de voies simples. — Ces chiffres doivent rester sensiblement les mêmes après la transformation. Actuellement, la compagnie met en mouvement 1 000 voitures, de 50 places assises, et parcourt 69 millions de kilomètres-voiture par an. (La totalité des tramways de Paris et Banlieue représente environ 350 *km* exploités). Le comité des Ingénieurs décida d'augmenter de 30 0/0 le nombre des voitures, et le parcours total annuel en substituant la traction électrique à la traction à vapeur. On décida de construire une usine centrale de 64 000 *ch*, en marche économique, pouvant atteindre 96 000 *ch* en marche forcée.

Grâce à l'augmentation de vitesse, due surtout à un démarrage plus rapide, les Ingénieurs estiment devoir gagner 15 minutes sur l'ensemble du trajet, qui représente actuellement environ 50 minutes; ce gain est énorme, pour le public, dont les habitudes se transformeront puisqu'il pourra aller habiter plus loin, au même tarif unique de 25 centimes.

L'augmentation de vitesse moyenne permet à une même voiture de transporter 16 0/0 de voyageurs en plus, dans un temps donné, et la traction électrique permet d'augmenter d'une voiture par train, soit six au lieu de cinq, ou 20 0/0. Le nombre des trains restera à peu près le même, qu'actuellement, mais on espère, avec l'expérience de la traction électrique, pouvoir encore rapprocher les trains malgré l'augmentation de la vitesse moyenne. Les quais des stations sont généralement suffisants. Quelques-uns seront allongés.

La dépense prévue pour ces améliorations est de 40 millions de francs. La traction électrique donnera une grosse économie sur les frais de traction, qui sont actuellement au minimum de 37 $^1/_2$ centimes par voiture-kilomètre de 50 places assises, avec des locomotives à vapeur, tandis que l'expérience de Chicago permet d'espérer un prix de 23 $^1/_2$ centimes, d'où une économie possible de 14 centimes appliquée à 69 millions de voitures-kilomètres par an actuellement, et 92 millions plus tard, ce qui donnerait une économie annuelle, de 9 $^1/_2$ millions de francs, à

13 millions de francs, dont il suffit d'escompter la moitié seulement pour rémunérer une nouvelle immobilisation de 40 millions de francs pour cette transformation. Mais ce ne sera pas le seul bénéfice et, l'opération s'annonce comme excellente, puisque l'augmentation de la capacité de transport (20 0/0 de plus aux heures d'affluence) et la grande vitesse moyenne, augmenteront la défaveur des tramways des rues, pourtant bondés de monde, et l'on considère comme possible une augmentation de 65 à 70 0/0 de la recette brute actuelle sur le viaduc.

L'adjudication de l'usine a dû avoir lieu les derniers jours d'octobre 1899. Elle sera située dans le haut de la ville, entre la 74e et la 75e rue, sur la rive Est, en bordure de l'eau (salée). L'eau douce sera prise sur les conduites de la ville, ce qui coûtera environ 150 000 *f* par an, mais économise le pompage, filtrage, etc., de l'eau d'alimentation, et l'intérêt et l'amortissement du capital correspondant. L'usine comprendra huit groupes de 8 000 *ch* au régime normal de marche, ou de 12 000 *ch* en marche forcée ; total : 64 000 ou 96 000 *ch*. L'usine distribuera du courant triphasé à haute tension (le voltage n'est pas encore décidé) à huit sous-stations qui fourniront le courant continu à 600 volts sur le troisième rail. Les applications directes de courants triphasés aux trains, sans transformation en courants continus, n'ont pas encore été assez expérimentées pour permettre d'adopter ce système, et le courant continu, sortant de transformateurs rotatifs, s'imposait.

Les chaudières seront du type Babcock et Wilcox, à tirage forcé, et brûleront du charbon menu, avec des chargeurs automatiques.

Ces chargeurs se répandent de plus en plus aux États-Unis ; j'ai visité une énorme usine, que j'avais trouvée réfractaire à ce système l'an passé, et qui s'y était brusquement ralliée, et l'avait installé dans le courant de l'hiver dernier, avec un plein succès.

Les groupes moteurs seront d'un type nouveau *(fig. 2)*. Les dynamos, calées au milieu de l'arbre et servant de volant, ne sont pas encore commandées, mais iront soit aux usines Westinghouse, soit à la General Electric Company. Elles produiront 5 000 kilowatts, à la vitesse de 75 tours, triphasé, haute tension, voltage encore indéterminé. Il est très important que la vitesse de rotation soit absolument constante, pour le synchronisme des courants triphasés, et, dans l'espace d'une seule rotation de la

machine à vapeur, cette rotation doit être très régulière, aussi l'arbre est-il commandé par quatre cylindres, calés à 45° les uns par rapport aux autres, ce qui donne huit impulsions par tour à l'arbre, et assure une grande régularité. Ces quatre cylindres

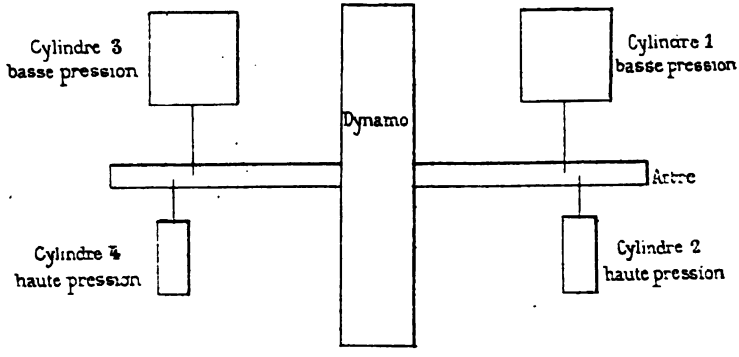


FIG. 2.

constituent deux paires, à double expansion, et chaque fois le cylindre à basse pression est calé à 90° du cylindre à haute pression. La dynamo est au milieu des deux paires de cylindres. Les machines à vapeur seront construites chez Allis et C°.

Le bâtiment est prévu pour contenir douze groupes de 8 000 *ch*, qui emploieront alors une surface de 156 $m \times 39{,}50\ m = 4\,600\ m^2$, soit environ 13 kilowatts (18 *ch*) par mètre carré, ou bien 0,0760 m^2 par kilowatt (0,0550 par cheval) (1).

Le charbon, pris automatiquement dans les gabarres par des chaînes à godets, sera amené automatiquement dans les soutes, au grenier, d'où il descendra automatiquement sur les chargeurs automatiques des chaudières. Les cendres et mâchefers provenant du décrassage automatique, tombent dans des chaines sans fin, qui les accumulent à la cave dans des soutes, d'où d'autres chaines à godets les ramènent aux gabarres d'enlèvement.

Avec cette usine, on estime devoir économiser 50 0/0 du charbon actuellement brûlé sur les locomotives, qui représente lui-même actuellement 15 0/0 du prix de revient total de l'exploitation, soit donc, rien que de ce fait, une économie de 7 $^1/_2$ 0/0 des dépenses totales, sans compter les économies de main-

(1) Soit environ deux fois plus de force motrice par mètre carré qu'à la grande usine électrique du quai Jemmapes à Paris, et quatre fois plus qu'à l'usine du Secteur Clichy, bien que ces deux dernières usines emploient surtout des moteurs verticaux.

d'œuvre, de réparation, et la réduction du prix de revient du kilomètre, lorsqu'il est parcouru plus vite, et lorsqu'il y en a un plus grand nombre.

Cette installation a soulevé à nouveau le tournoi entre les deux systèmes de traction, le système Sprague (toutes les voitures du train sont motrices) et le système du Métropolitain de Chicago (une seule automobile par train). J'ai déjà discuté ces deux systèmes dans le *Génie Civil*. Les brevets Sprague portent sur le système des commutateurs de mise en marche. Chaque voiture a son commutateur à plusieurs touches, mais il est commandé électriquement et synchroniquement par un petit commutateur placé en dérivation, en tête du train, et manié par le mécanicien. La Compagnie Sprague revendique une plus grande adhérence pour le démarrage, une meilleure application de la force motrice, et, par suite, une économie de kilowatts et une augmentation de vitesse moyenne. Au Métropolitain de Chicago, on objectait l'inconvénient de réparations plus nombreuses, si l'on mettait des moteurs et des commutateurs sur chaque voiture, et l'horaire, avec une seule motrice par train, ne différait pas sensiblement des horaires Sprague comme vitesse moyenne.

La Compagnie Sprague fait valoir que, pour un viaduc aérien, son système réduit la fatigue de la structure métallique, par une meilleure répartition du poids sur tous les essieux, en supprimant le martelage aux joints des rails, et en répartissant sur toute la longueur du train les efforts d'inertie imposés au viaduc métallique, soit au démarrage, soit au freinage. La Compagnie Sprague offre, avec son système d'augmenter la vitesse moyenne de l'horaire à New-York, qui est actuellement en moyenne de 20 *km* à l'heure, et de la porter à 26 *km* avec un moteur par voiture, et 27,5 *km* avec deux moteurs par voiture.

Il est possible que les considérations de la structure du viaduc métallique conduisent à l'adoption du système Sprague (rendre toutes les voitures motrices) mais il ne faudrait pas en tirer de démonstration pour un chemin de fer sur voie ordinaire, sur chaussée. La question reste ouverte, et les arguments de part et d'autre, n'ont pas encore tranché le principe, pour les trafics urbains intenses.

Au moment où Paris va mettre en service son métropolitain, il était intéressant de savoir ce qui se fait à New-York. Mais les conditions topographiques rendent le service des trains entièrement différent. Nous sommes encore loin des trois étages de

voies ferrées dans une même rue, et il est à craindre que nous n'ayions encore longtemps à jouir des odeurs agricoles et bucoliques du cheval, pour la plus grande satisfaction des esthètes qui disent que le progrès est l'ennemi de l'art.

CHAPITRE II

Le métropolitain électrique de Boston.

Inaugurée en septembre 1898, cette entreprise n'a pas encore publié ses premiers résultats d'exploitation, et cependant l'on prend déjà les mesures pour créer un second métropolitain. Le premier est souterrain, son but est d'assurer la rapidité des transports, que les tramways dans les rues effectuaient trop lentement. A certaines heures, les rues de Boston, comme notre rue de Richelieu à Paris, ou comme la rue du Bac, étaient tellement engorgées, que la vitesse moyenne des tramways était à peine celle d'un piéton. On traita alors la ville comme une gigantesque fourmillière, et on la perfora de galeries souterraines dans lesquelles on dévia les tramways. Les premiers résultats, d'une expérience d'un an, ont été de démontrer que les plates-formes des haltes étaient trop petites pour les foules. Manque de largeur et surtout manque de longueur de quai, bien que le système des petites voitures isolées soit presque exclusivement appliqué dans le souterrain. Les voitures, venant de terminus différents, se succèdent à quelques secondes d'intervalle et, indépendantes les unes des autres, laissent ou prennent les voyageurs le long des quais des stations, qui peuvent avoir 60 ou 80 *m* de long, permettant pratiquement à cinq ou six voitures d'effectuer leur mouvement de voyageurs, sur le même quai, sans se gêner l'une l'autre.

On imagine difficilement le bruit produit par une vingtaine de trolleys grinçant simultanément contre les fils électriques, qui sont souvent remplacés par des gouttières suspendues au plafond. Impossible d'entendre son voisin dans ce vacarme assourdissant. Le tunnel est très bien ventilé, et les appareils mécaniques, ventilateurs électriques, etc., paraissent largement suffisants; les parois du tunnel, blanchies à la chaux, restent propres, au bout d'un an.

Le second métropolitain de Boston, destiné à compléter le premier et à lui amener du trafic, sera sur viaduc métallique, ce

qui représente une dépense considérable, et jusqu'à présent peu rémunératrice à Chicago.

Au moment où Paris espère inaugurer ses premiers kilomètres de métropolitain, il peut être intéressant de voir dans quelles conditions a été fait le traité avec la ville de Boston.

Boston comprenait autrefois huit Compagnies de tramways qui furent absorbées par la West End Street Railway Company, qui se trouva alors avoir une organisation compliquée.

Comme, d'autre part, la municipalité de Boston devait construire les souterrains, et ne voulait traiter qu'avec une Compagnie à gestion simplifiée, on constitua la Boston Elevated Railway Company au capital de 25 millions de francs, qui joua un rôle double : traitant avec la ville, elle lui servit de caution, et elle traita elle-même avec la West End Street Railway Company, qu'elle prit à bail, en bloc et à forfait, y compris le service financier de ses actions et de ses obligations pour vingt-quatre ans. De telle sorte qu'il n'y a plus qu'un seul exploitant. La ville ayant produit un devis de 36 millions de francs pour la construction du souterrain, la Compagnie locataire accepta, pour vingt ans, d'en prendre la location, pour un prix d'environ 1760000 *f* (4,78 0/0 des dépenses avec un maximum de 36 millions de dépenses). Mais, en outre, si le nombre total de voitures de tramways empruntant le souterrain, à raison de 0,25 *f* par passage de voiture, dépasse le montant des intérêts ci-dessus, le loyer serait alors calculé sur le nombre des voitures.

L'équipement (superstructure) a été fait par le locataire à ses frais et la ville le reprend en fin de contrat à dire d'expert (ou en cas de faillite du locataire.) (Rail et contre-rail, total 58 *kg* par mètre).

La Compagnie locataire, la Boston Elevated Railway Company, qui n'a fait, jusqu'à présent, que gérer la West End Street Railway Company, et servir d'intermédiaire avec la ville, vient de passer un nouveau traité avec la ville pour un elevated, chemin de fer aérien sur viaduc métallique, la ville faisant l'infrastructure et le locataire la superstructure.

Voyons maintenant les résultats financiers. Les actionnaires de la Compagnie absorbée reçoivent à forfait un dividende d'environ 7 1/2 0/0. La Boston Elevated Railway Company, locataire de la ville, retire de l'opération, dès la première année incomplète (il n'y avait que des portions du souterrain en service), un bénéfice net de 1 700 000 *f*, qui lui permet de payer un petit di-

vidende de début à ses actionnaires. La combinaison paraît donc devoir satisfaire tout le monde, car la recette augmentera considérablement cette année, tout le souterrain ayant été livré à l'exploitation. Aussi les cours des actions traduisent-ils le succès et atteignent 107 (pour un pair de 50 émis, plus 50 restant à verser) soit 214 0/0 du prix d'émission.

Voici, relevés sur un mois (octobre 1898), les résultats du métropolitain souterrain de Boston, à ce moment en pleine exploitation :

Nombre moyen de voitures traversant le souterrain en un jour	3518
Nombre moyen de voyageurs par jour à la station de Park Street	27500
Nombre moyen de voyageurs par jour pour toutes les stations du souterrain.	65000
Nombre moyen de voyageurs par jour faisant emploi de la correspondance	117000

Pour donner une idée de l'intensité du mouvement des voyageurs dans l'une de ces gares, il faut dire que, à la station de Park Street, aux heures d'affluence, il y a, par minute, de deux à trois départs de voitures électriques; les courbes diurnes du trafic montrent que l'affluence se produit entre 5 et 6 heures du soir, et que, pendant cette heure, il passe le cinquième du trafic total de la journee, et que la station de Park Street, à ce moment, reçoit à elle seule presque toute l'affluence (90 0/0 du total pendant cette heure), ce qui donne environ 12000 voyageurs en une heure pour cette seule station de tramways. Pour comparer avec Paris, je dirai que la ligne Madeleine-Bastille, à raison de 50 places par voiture, et avec un départ toutes les deux minutes, n'enlèverait pas plus de 1500 voyageurs, il faudrait donc imaginer huit lignes comme Madeleine-Bastille, superposées dans une seule station, aux heures d'affluence, pour comparer avec la station de Park Street à Boston.

Sur les 250 *km* de tramways exploités à Boston, il n'y a guère que 20 *km* en souterrain, et il y passe le septième du nombre total des voyageurs.

Pour son réseau total de 250 *km*, la Compagnie a plusieurs usines électriques d'un total de 31000 *ch.* Il y a eu 173 millions de voyageurs transportés la dernière année, avec 47 millions de voitures-kilomètres, soit 3,7 voyageurs par voiture-kilomètre,

tandis qu'à Paris le même chiffre d'environ 180 millions de voyageurs s'applique à l'ensemble des tramways, et donne 7 à 8 voyageurs par voiture-kilomètre, ce qui montre que la Compagnie de Boston met beaucoup plus de voitures au service des clients et que le régime du « complet partout » est une faveur réservée aux Parisiens.

La recette moyenne a été d'environ 1 *f* par voiture-kilomètre, le tarif uniforme est de 0,25 *f*, tandis qu'à Paris, la moyenne entre l'impériale et l'intérieur est de 0,17 *f*, produisant pourtant un revenu moyen supérieur à Boston, par voiture-kilomètre, grâce à l'entassement des Parisiens. La recette moyenne, par kilomètre de voie exploité, est de 180 000 *f*, tandis qu'à Paris nous n'avons que de 60 à 70 000 *f* en moyenne. La différence ne s'explique pas par la différence des tarifs, qui ne donnerait, comme prorata pour Boston, que 90 à 100 000 *f* par kilomètre, au lieu de 180 000 *f*. Il faut encore remarquer cette dérogation à la loi générale qui veut que le produit kilométrique augmente avec la population. Si une ville de 40 à 50 000 habitants donne 15 à 20 000 *f* par kilomètre, on a généralement 20 à 30 000 *f* dans des villes de 50 à 100 000 habitants et ce produit augmente assez régulièrement. Mais ici c'est l'inverse, car Boston est cinq fois moins peuplé que Paris et notre coefficient y est pourtant le double. Je ne doute pas que le Parisien, mis en présence des facilités de transport de Boston, ne s'en serve autant qu'un Bostonien, et j'explique le faible rendement de Paris par l'insuffisance et la lenteur des transports à ce jour, la rareté du nombre de départs par heure, le mauvais éclairage des voitures et l'insécurité du « complet partout » pour ceux qui vont à un rendez-vous.

Comme matériel roulant, la Compagnie de Boston possède 2 350 automobiles, non compris les voitures de remorque, soit 9 1/2 automobiles par kilomètre exploité. En général, de 2 à 3 au maximum en France.

Les dépenses de la Compagnie, y compris frais généraux, mais non compris les impôts, ni le loyer du souterrain, ni l'intérêt des capitaux, se sont élevées à 0,69 *f* par voiture-kilomètre. Ce même chiffre se tient aux environs de 1 *f* pour les différentes Compagnies parisiennes. J'explique ce fait par la plus grande intensité de l'exploitation, qui se mesure, à Boston, par 189 000 voitures-kilomètres, par kilomètre de voie exploitée, tandis qu'à Paris, la moyenne paraît être d'environ 60 à 70 000 voitures-kilo-

mètres par kilomètre de voie et par an. Il est donc possible, avec une main-d'œuvre plus chère, d'exploiter plus économiquement, et, avec des voitures moins remplies, de faire une meilleure recette annuelle.

Ces chiffres sont à méditer, pour notre métropolitain, et nous verrons plus tard quel parti il aura pu tirer de la situation.

CHAPITRE III

Le prix de l'électricité et les compteurs à double tarif.

Nous payons, à Paris, pour l'éclairage, de 0,12 à 0,15 *f* l'hectowatt-heure, soit 1 *f* le cheval-heure.

En France, peu de clients paient leur éclairage moins de 0,08 *f*.

Comme force motrice, il n'y a que dans des cas très exceptionnels, que l'on ait payé moins de 0,03 à 0,04 *f*, ce qui ferait encore près de 1 000 *f* par cheval et par année avec 10 heures de travail par jour, et 1 600 *f* pour un travail continu de 24 heures par jour pendant 300 jours ouvrables, à rapprocher de 100 *f* par cheval et par an au voisinage du Niagara.

Pourquoi payons-nous si cher ?

Laissons de côté la durée trop courte des concessions à Paris, qui rend l'amortissement trop onéreux. Le prix du charbon brûlé représente de 0,02 à 0,03 *f* par kilowatt, soit au maximum 160 *f* par cheval-an de travail continu (300 jours).

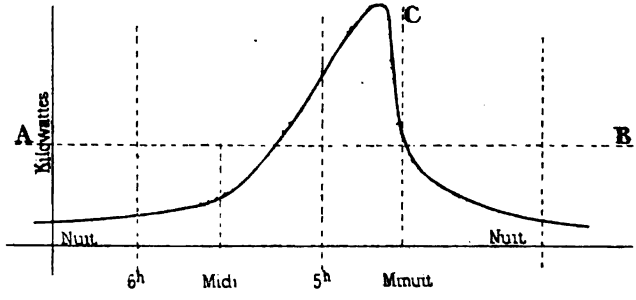


FIG. 3.

En réalité, nous payons aux usines non seulement l'électricité que nous leur prenons, *mais encore nous payons pour ce que nous ne prenons pas*, et qui reste indisponible. En effet, le débit quotidien d'une station centrale, à Paris, est figuré par une courbe avec une forte pointe, *un pic (fig. 3)*. Nous payons l'amortissement

de toute la machinerie nécessaire pour le débit maximum C, tandis que l'équité serait de ne payer que pour l'amortissement correspondant à la moyenne AB de tous les kilowatts-heure distribués.

Pour aplatir leur courbe et faire disparaître le pic, les stations centrales ont cherché des clients de jour, et encouragé la force motrice à domicile par des tarifs réduits.

Il vient d'être constaté en Amérique que cette pratique, au lieu d'aplatir le pic de la courbe, l'avait élevé *(fig. 4)*. Car le tarif

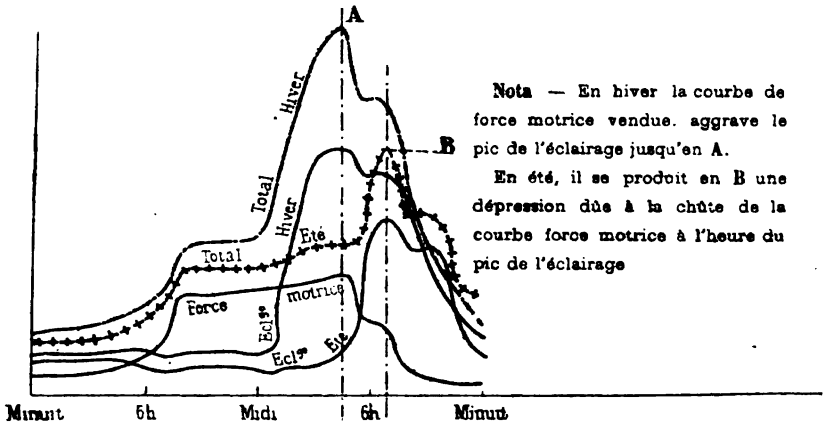


Fig. 4.

pour force motrice étant le même à toute heure du jour, c'était aussi, vers 5 heures du soir que la demande était la plus forte, [ascenseurs des bureaux, hâte de la fin de la journée dans les ateliers, etc...] Comme en été, le pic de la courbe d'éclairage ne se produisait qu'à 7 heures du soir, il n'y avait pas d'inconvénient, le pic de la courbe de force motrice ayant disparu à cette heure. Mais, en hiver, le pic-éclairage avance jusque vers 5 heures, et rencontre alors le pic-force-motrice, et les deux pics se superposent, exigeant la construction de nouvelles machines, ou de coûteuses batteries.

L'une des plus grosses compagnies d'Amérique, qui éclaire Brooklyn, l'un des quartiers de New-York, a installé le système des compteurs électriques à double tarif. Grâce à un mouvement d'horlogerie, ce compteur totalise les consommations à un prix assez bas, avant 5 heures du soir, (0,04 *f* pour les petits clients,
(0,01 *f* pour les gros,
par hectowatt-heure

et entre 5 et 11 heures du soir, le client paye de 0,07 à 0,04 *f*, suivant son importance.

En somme, un gros industriel peut ainsi travailler toute la journée au tarif de 0,01 *f* l'hectowatt-heure (ce qui équivaut pratiquement à 175 *f* le cheval-an, 8 heures par jour et 300 jours) et l'expérience a démontré, à Brooklyn, que la crainte du tarif du soir conduit à modifier les heures de travail des ouvriers. Pour éviter de dépasser l'heure critique de 5 heures du soir, on a avancé l'embauchée d'une demi-heure, et réduit d'une demi-heure le temps du repas de midi, on ferme ainsi les ateliers à 5 heures, et il n'y a plus d'autre consommation que celle des appareils continus, ventilateurs, alimentations, etc., qui sont obligés de tourner 24 heures par jour.

L'expérience a été commencée avec 175 clients, tous industriels, qui avaient généralement déjà déserté la Compagnie, pour installer eux-mêmes leur production d'électricité, qui leur revenait à moins de 0,07 *f* l'hectowatt. Ces clients se mirent à prendre du courant électrique de jour entre minuit et 5 heures du soir, au tarif très réduit, parce que leur propre production d'électricité leur revenait plus cher que le tarif de jour. Ces clients coupaient leur branchement à 5 heures du soir, et mettaient alors en marche leurs propres dynamos génératrices, pendant les 5 ou 6 heures du haut tarif, mais ils trouvèrent alors leur propre prix de revient d'autant plus élevé que leurs dynamos tournaient moins longtemps, et ils renoncèrent à produire eux-mêmes le courant, de sorte que la Compagnie d'électricité a finalement récupéré ces gros clients, qui étaient perdus pour elle, et cela n'a été possible que grâce au double tarif.

Une autre clientèle est celle des magasins, qui allument le soir une devanture flamboyante, mais qui, dans le jour, se contentaient de l'incandescence par le gaz, moins coûteuse. Ces clients, grâce au double tarif, ont renoncé entièrement au gaz.

L'effet immédiat de ce système a été de réduire le pic de la courbe de l'usine qui dessert ce quartier. Pour un débit moyen de 300 kilowatts, le pic de la courbe qui atteignait 900 kilowatts, a été ramené à 700 kilowatts. Ce qui permettra, sans augmenter la machinerie, de débiter une moyenne d'environ 500 à 520 kilowatts au lieu de 350.

La Compagnie a renoncé à tarifer différemment la force motrice et l'éclairage. Peu lui importe ce que le client fera du courant. Mais s'il le prend de 5 à 11 heures du soir, il paiera le haut tarif.

Et ainsi, au lieu de superposer au pic de la courbe d'éclairage, le pic de la courbe-force motrice, cette dernière s'abaisse brusquement vers 4 heures et demie, produisant une dépression sur la courbe totale.

Cette même Compagnie a eu l'occasion de relever les prix de revient d'une de ses usines qui a travaillé successivement avec un fort pic de la courbe diurne, puis, presque sans pic. L'utilisation était dans le premier cas de 25 0/0 [rapport entre la moyenne du débit et le maximum] et de 80 0/0 dans le second. Le débit total en kilowatts-heure avait été maintenu le même dans les deux cas. (L'expérience portait sur une usine de 2 000 *ch*). Le prix de revient du kilowatt-heure est tombé, jusqu'à n'être que 30 0/0 de celui du premier cas.

Il y a bien, sans doute, des cas où le système du double tarif ne produirait aucun avantage. Ainsi, dans le quartier des affaires, à New-York, la courbe a la forme suivante *(fig. 5)* :

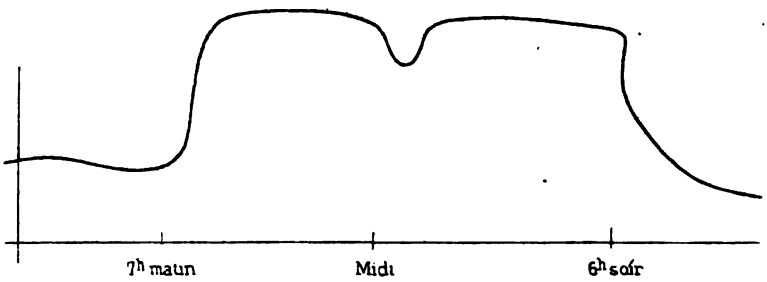


Fig. 5.

Comme il n'y a ici aucun espoir d'augmenter la consommation de nuit dans des bureaux vides, il n'y a qu'à appliquer un tarif unique pendant toute la journée.

Le prix de revient de l'électricité baissant lorsque l'utilisation des usines augmente, la Compagnie de Brooklyn a bouleversé sa distribution, pour prendre à son usine lointaine, au bord de l'eau, une constante de 2 000 kilowatts pendant 24 heures, et le pic de la courbe *(fig. 6)* est assuré par une ancienne usine à vapeur, qui, grâce à une batterie, travaille à peu près à pleine production pendant les six heures du pic de la courbe.

Un autre facteur du prix de revient est la variation du débit avec les saisons. En été, il y a habituellement une grande réduction. La Compagnie de Brooklyn a prolongé sa distribution à haute tension très au loin, 25 *km*, pour atteindre les plages,

où la clientèle d'été lui compense les réductions de la clientèle urbaine, de telle sorte, que les recettes brutes sont les mêmes pendant chaque mois de l'année, à moins de 10 0/0 près.

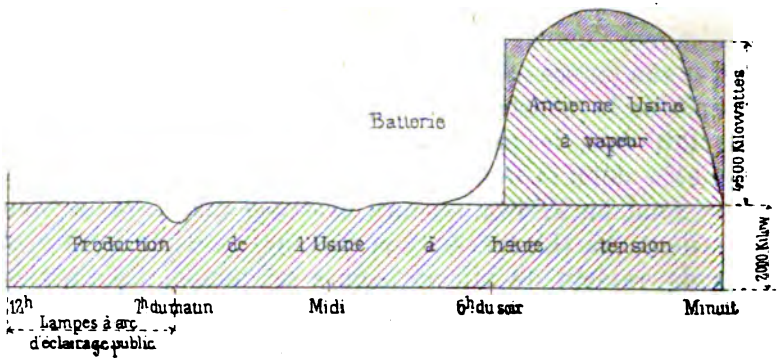


FIG. 6.

Grâce à ces excellentes conditions de débit, la Compagnie peut vendre avec bénéfice le courant à 0,01 *f* l'hectowatt aux indus-

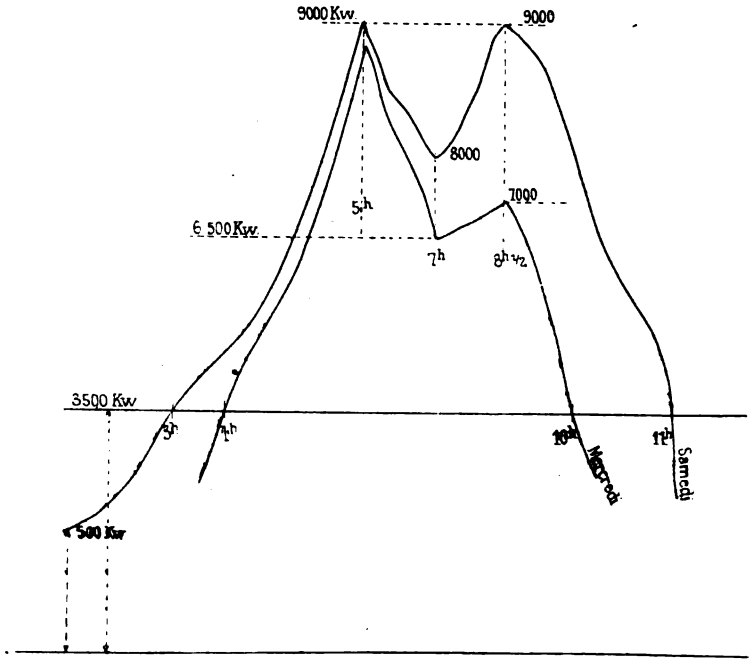


FIG. 7.

triels de jour et 0,04 *f* aux très petits consommateurs de jour.

La Compagnie espère, avec le système du double tarif, que

son débit moyen arrivera à être les 60 0/0 du débit maximum, ce qui réduira singulièrement le pic de la courbe.

Voici pour un mois d'hiver (décembre 1892) la forme du pic de la courbe des deux jours caractéristiques de la semaine [ces courbes se reproduisent semblables toutes les semaines]. Le dimanche, le pic tombait de 9 000 à 2 250 kilowatts (année 1892, où la statistique fut faite) *(fig. 7)*.

Pour bénéficier de ces tarifs réduits pendant le jour, il n'est donc pas nécessaire, comme à Paris, d'avoir une double canalisation et deux compteurs, un pour chaque tarif, ce qui augmente singulièrement les frais d'installation.

Un compteur à double tarif ne coûte que 125 *f* de plus qu'un compteur ordinaire. C'est-à-dire qu'un petit client, ayant de 5 à 50 lampes à incandescence, ou de 1 à 2 *ch* de force motrice, achètera ou louera un compteur du prix d'environ 200 à 225 *f*. Un gros client aura un compteur d'environ 500 *f* pour 300 à 400 lampes, ou 80 à 100 *ch* de force.

Ces compteurs sont fabriqués pour toute espèce de courants et tous voltages.

Il est à désirer que les Compagnies parisiennes entrent dans cette voie, dans l'intérêt aussi bien de leurs actionnaires que de leurs clients.

CHAPITRE IV

Chauffage électrique.

J'ai analysé l'an passé le développement du chauffage électrique des tramways qui se répand de plus en plus.

J'ai vu un restaurant, qui sert tous les jours, vers midi, 300 déjeuners au personnel des bureaux de l'usine de la General Electric Company. La cuisine y est faite entièrement et exclusivement à l'électricité. Comme il n'y a plus de « fourneaux », la plupart des appareils de cuisson sont dispersés dans la salle de restaurant, au milieu et à portée des consommateurs. La propreté de cette cuisine défie toute concurrence. Il n'avait pas encore été fait de relevés de l'électricité consommée, que l'on jugeait faible d'après la section des plombs fusibles.

CHAPITRE V

Le Niagara et l'électrochimie en 1899.

En 1898, j'avais trouvé l'industrie électrique du Niagara sortant de la période d'incertitude des débuts.

Les promoteurs de l'usine de 50 000 *ch* ont pu avoir, les premières années d'exploitation, une certaine inquiétude sur l'avenir de leur création, car les clients étaient lents à venir, et il y avait à payer les intérêts de 40 millions de francs d'obligations, dont une grande partie paraissait rester entre leurs mains. L'industrie électrochimique, d'abord timide, n'avait pris que quelques milliers de chevaux. L'aluminium, client de 3 000 *ch*, paraissait, pendant un certain temps, perdre la faveur de la consommation, et la première usine de carbure de calcium avait fait faillite. La grande usine de papier de bois, client de 7 000 *ch*, n'intéressait pas l'usine électrique, car elle prenait l'eau du canal dans ses propres turbines. Les promoteurs se créèrent alors à eux-mêmes des clients, sous forme de tramways et chemins de fer électriques, puis ils se sont assuré la clientèle de l'éclairage électrique et des tramways de Buffalo (300 000 habitants).

En 1898, le débit moyen de l'usine électrique du Niagara était d'environ 18 000 à 20 000 *ch*, et il y avait six groupes (turbine et dynamo) installés de 5 000 *ch* chacun.

L'année écoulée vient d'apporter une grosse augmentation de clientèle. Les cours de la Bourse s'en ressentent. En 1898, les obligations valaient de 90 à 92 0/0, et, en 1899, on pouvait les revendre aux environs de 110 0/0. Les actions, qui avaient valu 32 à 35 0/0 du pair en 1898, avaient atteint 90 à 92 0/0 du pair en 1899. La Compagnie a installé, en 1899, deux autres groupes de 5 000 *ch*, soit un total de 40 000 *ch* actuellement disponibles, et commandé les deux autres groupes de 5 000 *ch* qui seront placés cet hiver et compléteront la première usine de 50 000 *ch* pour laquelle le bâtiment actuel a été prévu. Mais comme le tunnel de fuite, l'une des plus grosses dépenses, a été construit pour un débit de 100 000 *ch*, la Compagnie n'attend pas d'être assiégée par la clientèle, et les adjudications sont déjà faites pour un second bâtiment, qui contiendra, au fur et à mesure des besoins, dix nouveaux groupes de 5 000 *ch*. La Compagnie n'a pas encore

examiné ce qu'il faudra faire lorsque la clientèle aura absorbé ces 100 000 *ch*, mais il lui sera facile de créer un second tunnel, et il ne lui faudrait que 70 tunnels semblables pour mettre le Niagara à sec.

Les principales augmentations dé la clientèle cette année sont les suivantes :

Le carbure de calcium qui, après une première faillite en 1897, avait repris, en 1898, avec 4 000 *ch*, vient de construire une colossale usine, qui prend déjà 15 000 *ch*, et qui va prendre 25 000 *ch*.

L'aluminium, client de 4 000 *ch*, s'est augmenté, mais je ne le cite que pour mémoire, parce que l'augmentation a porté sur la seconde usine d'aluminium, qui s'alimente directement sur une chute particulière, concession antérieure et partielle du Niagara. Cette seconde usine fait maintenant 8 000 *ch*.

Il s'est créé une seconde usine électrolytique pour la soude caustique et le chlorure de chaux pour blanchiment, qui va prendre 3 000 *ch*.

Il s'est créé une usine de 1 000 *ch* pour fabriquer du graphite, produit qui se vend 350 *f* la tonne, pour des revêtements et moulages réfractaires.

Une nouvelle usine de plomb électrolytique va prendre 1 000 *ch*.

L'usine de carborundum, prospère, prend maintenant 2 000 *ch*.

Enfin, le transport de force à haute tension à Buffalo absorbe maintenant 15 000 *ch*. La Société d'éclairage électrique, qui a des administrateurs communs avec la Compagnie du Niagara, a détruit son usine à vapeur, et construit une énorme station réceptrice, installée dès maintenant pour transformer 7 000 *ch* du Niagara pour l'éclairage. Elle consomme en ce moment une moyenne de 4 000 *ch*, les maxima de l'éclairage étant assurés par une batterie d'accumulateurs de 3 000 ampères-heure et de 350 000 *f*. Les tramways de Buffalo sont toujours un excellent client d'environ 3 000 *ch*, et une grosse clientèle s'est formée, tout autour de ce grand port lacustre; les énormes greniers-élévateurs de blé, les cales sèches, les ateliers de réparation, etc., absorbent le reste.

Je mentionnerai pour mémoire, parce qu'elle emploie une chûte privée, l'usine de chlorate de potasse, qui avait 1 100 *ch* et va maintenant travailler avec 2 200 *ch*.

Les courbes de débit diurne de l'usine électrique du Niagara sont remarquablement régulières. Il n'y a pas de pic, comme

dans les stations d'éclairage. En effet, les industries électrochimiques travaillent nuit et jour, et quant aux tramways et à l'éclairage, ils ont d'énormes batteries d'accumulateurs, car ils payent tant par an, pour un débit forfaitaire qui ne doit pas dépasser le maximum pour lequel l'abonnement est fait. (Si le maximum est dépassé, le tarif devient plus cher). C'est à peine s'il est possible d'apercevoir des fluctuations sur les courbes diurnes des kilowatts du Niagara.

La Compagnie, qui avait obtenu le monopole des chutes sur la rive canadienne, à la condition de commencer des travaux déterminés dans un certain délai, y avait renoncé, et vient de consolider son contrat avec le gouvernement canadien, moyennant une redevance annuelle. Mais la rive canadienne ne paraît pas devoir de longtemps se développer, à cause des droits de douane des États-Unis. Le Canada est un bien petit consommateur, avec ses 5 à 6 millions d'habitants, et l'Angleterre en est le pourvoyeur naturel.

Les tarifs de vente paraissent s'être maintenus aux environs de 100 *f* par cheval et par an, pris à l'usine du Niagara, pour les gros consommateurs, sous forme de courant alternatif monophasé à 2 200 volts.

A Buffalo, le courant (transport triphasé 11 000 volts) est reçu par une Société, filiale de la Compagnie du Niagara, chargée de le vendre au détail, sous diverses formes, suivant les besoins des consommateurs. Les prix paraissent varier aux environs de 150 *f* par cheval et par an pour la vente à l'industrie pour 24 heures par jour.

Il n'a pas été publié, jusqu'à présent, de rapport détaillé sur la situation de la Compagnie du Niagara. Une évaluation grossière conduit à estimer les recettes brutes à environ 3 500 000 *f*, les dépenses à environ 1 million de francs, et le service des intérêts des obligations (40 millions de francs émis) à 2 millions de francs. Il resterait déjà un excédent pour les actionnaires.

S'il est vrai, comme on le dit, qu'avec un total de 50 millions de francs d'obligations (maximum autorisé) la Compagnie puisse terminer ses 50 000 *ch* et commencer la seconde usine de 50 000 *ch*, on voit que le résultat financier sera excellent, car les premiers 50 000 *ch* vont être très prochainement absorbés par la clientèle et produiront une recette brute d'environ 5 500 000 *f* à 6 millions de francs, contre 2 500 000 *f* pour les obligations, et une dépense annuelle qui ne paraît pas devoir dépasser un mil-

lions de francs. Il resterait alors 2 à 2 millions et demi pour les actionnaires, chaque année.

Le monde des Ingénieurs saluera avec joie ce succès, qui permettra de pousser plus loin et sur une plus grande échelle les développements de l'électricité, puisque le monde financier y trouve son profit.

Il est curieux de trouver dans un journal américain *le Greater Buffalo* (oct. 1897, n° 6), la phrase suivante :

« C'est en 1725 que le premier emploi du Niagara pour actionner des roues de moulins fut fait par des *Français*, qui y construisirent une scierie pour alimenter leur Fort-Niagara. Ce n'est que 80 ans plus tard que vint une seconde scierie, américaine. »

Outre la grande Compagnie du Niagara, il y en a une seconde, qu'on appelle la Compagnie Schœllkopf, du nom de son président (Niag. Falls. Hydr. Power and Manufacturing C^{y}), qui possède des droits remontant à l'année 1850 sur un canal, indépendant de la grande Compagnie. Cette petite Compagnie, au capital de 2 500 000 *f*, paraît faire de bonnes affaires, mais son développement est très limité, le canal, même après tous élargissements, ne devant jamais dépasser 30 *m* environ de large, soit une section carrée de 70 à 80 m^2 ne donnant guère plus d'environ 100 000 *ch* disponibles (au maximum, d'après l'acte de concession) dont nous sommes encore bien loin, tout ayant été fait en petit (turbines de 2 000 *ch*, terrains étriqués). Cette Compagnie paraît vendre actuellement 15 000 *ch*, dont une moitié sous forme d'eau prise au canal, et l'autre moitié en électricité. Le tarif des petits clients est de 130 *f* le cheval an, avec réductions pour les gros clients, jusqu'à atteindre environ 100 *f* par cheval an (en électricité). Pour l'eau prise directement au canal, on paye 41 *f* par cheval an, mais la Compagnie Schœllkopf n'accepte plus ces contrats, et préfère vendre aux nouveaux clients, soit de la force mécanique sur l'arbre des turbines à raison de 80 *f* le cheval-an, soit de la force électrique (de 100 à 130 *f* le cheval an) en courant soit alternatif, soit continu, voltage quelconque, au gré du client.

Les deux Compagnies du Niagara ont prévu la question des terrains pour leurs clients, mais il n'y a à considérer que la grande Compagnie, pour des installations importantes. L'avenir lui est assuré, non seulement par l'énorme étendue de terrains nus dont elle a la concession, mais encore par une clause, qu'elle

insère dans tous ses contrats, et qui ne paraîtra draconienne qu'à notre vieux monde :

« Le terrain n'est jamais donné aux clients qu'en « location ». Le client, en souscrivant un abonnement (de 2 000 *ch* par exemple) s'engage à ne jamais réduire et à payer toujours pour ce minimum (2 000 *ch*). Si le client cesse de payer, toutes ses installations, machines, etc..., deviennent la propriété de la Compagnie qui fait démolir, et le terrain redevient libre pour un nouveau consommateur de force ».

C'est la formule « vaincre ou mourir ». Et cela répond bien aux habitudes américaines, où l'on ne cherche guère à prolonger les jours d'une industrie malade qui se meurt, mais où les propriétaires eux-mêmes donneront vite le coup de grâce au patient, pour gagner du temps, et vaquer à d'autres occupations plus lucratives. Quant aux vieilles machines démodées qui restent sur le terrain, c'est une ferraille dont ils aiment mieux laisser la charge à la Compagnie du Niagara. « Passez vite par profits et pertes, et pensons à autre chose ».

Les prix de location des terrains sont d'ailleurs insignifiants et correspondent à 5 0/0 de la valeur du terrain, qui varie de 1 000 à 10 000 *f* l'hectare. (Eau à discrétion, chemins de fer et canaux partout).

Si maintenant l'on considère que la Compagnie du Niagara joint à toutes ses facilités de force motrice et de terrains presque illimités des facilités de transport presque uniques, on voit quel avenir est devant elle. Par la navigation des lacs (steamers de 5 à 6 000 *t*), les minerais du lac supérieur peuvent atteindre le Niagara au même prix que Buffalo et Cleveland, et à un prix notablement inférieur à Pittsburg, la cité de l'acier, et le berceau de Carneggie. Les matières premières du Canada, calcaires, etc..., atteignent le Niagara avec le fret fluvial de 2,50 *f* par tonne. Par le lac Ontario, Montréal et Québec sont à faible portée, et vers New-York, les chemins de fer concurrents ont des tarifs très bas.

Cette grande opération financière et technique aura donc été d'un excellent placement pour les capitaux américains.

CHAPITRE VI

Ateliers de construction.

Le mouvement que j'avais signalé, en 1898, s'accentue vers la centralisation. Nous nous trouvons toujours en présence de deux colosses qui vont grossissant, tandis que les usines moindres passent sous leur dépendance ou doivent se limiter à certains appareils.

Le plus gros colosse est la General Electric Company, puis vient ensuite la Westinghouse Company, qui se compose de :

La Westinghouse Electric Company;

La Westinghouse Machine Company (machines à vapeur et chaudières);

La Westinghouse Air Brake Company (freins Westinghouse).

La concurrence de la General Electric et de la Westinghouse n'est qu'apparente. Un traité lie ces deux Compagnies pour l'usage mutuel de leurs brevets; ce traité a été rendu public. Mais on sait que des conventions secrètes lient, en outre, les deux Compagnies, pour éviter la concurrence.

La General Electric C° se développe énormément. Depuis 1898, elle a augmenté beaucoup ses ateliers de Schenectady et, dans ses trois usines de Lynn, Harrison et Schenectady, elle réunit 9 000 ouvriers. Les bâtiments couvrent 18 hectares. Les ventes, qui atteignaient 75 à 85 millions de francs l'année dernière, ont atteint, ces derniers mois, un chiffre qui correspondrait à 135 ou 140 millions de francs pour une année entière.

La Compagnie est toujours à l'avant des nouvelles découvertes. Les transformateurs statiques de 1 800 kilowatts sont maintenant un type courant de ses ateliers, et on se prépare pour une adjudication d'environ dix dynamos de 8 000 *ch* pour l'Elevated de New-York (chemin de fer électrique).

La transmission de force à 120 *km*, à Los Angeles, a été un grand succès. Des voltages de 20 000, 33 000 et même 40 000 ont été employés avec succès, sans qu'il y ait eu encore d'accident. A Salt Lake City, on reçoit, dans un seul réseau de distribution, le courant de deux usines, situées à 75 *km*, et qui travaillent synchrones.

Il y a à peine un an, les actions (après dédoublement) du capital, valaient 50 0/0 du pair. Elles valent maintenant 126 0/0. La différence tient à ce que la Compagnie vient justement de sortir de cette période de débuts qui a tant affecté nos usines électriques en France, alors que la clientèle n'était pas encore assez nombreuse pour payer les frais généraux. La General Electric a consacré ses bénéfices jusqu'à ce jour à amortir largement son actif. L'année dernière, de nouveaux ateliers, construits dans l'année, pour 4 millions de francs et couvrant près de 2 hectares, ont été passés directement par profits et pertes au lieu d'aller aux frais de premier établissement.

Aux débuts, la General Electric Company s'était laissé entraîner à engager ses capitaux pour se créer à elle-même des clients, en constituant des sociétés filiales pour toutes applications. Ici, on créait une Société de tramways, là on rachetait une Société d'éclairage en déconfiture pour la remettre sur pied et en avoir des commandes. Cette politique dangereuse s'expliquait par la nécessité de donner un coup de fouet à l'essor des applications de l'électricité, et il faut reconnaître que l'Américain est parvenu à forcer le progrès à se réaliser plus vite que les lois naturelles de l'offre et la demande ne l'eussent fait. La General Electric Company a failli sombrer dans cette lutte. Maintenant elle se relève brillamment et panse ses blessures avec les premiers bénéfices. Une division spéciale de son état-major s'occupe de la gestion de ces Sociétés filiales et, dès qu'elles deviennent viables et capables de s'administrer sur leur propre budget, la General Electric Company revend sur le marché ses titres en portefeuille, s'allégeant de plus en plus et pratiquant de larges amortissements sur tout ce qui est déprécié. Ainsi, tandis que les livres de la Compagnie portaient pour 47 millions de francs de titres en portefeuille, il en a été vendu l'année écoulée pour 5 millions de francs, laissant, par rapport aux évaluations portées sur les livres, un bénéfice net de 50 0/0, et le produit de ces ventes a été employé à l'amortissement, la Compagnie rachetant ses propres obligations sur le marché. Dès à présent, les revenus des titres en portefeuille équilibrent les intérêts à payer aux obligataires de la General Electric Company. Négligeant alors ces deux facteurs, nous trouvons que le passif de la Compagnie se compose de son capital-actions, 104 millions de francs, représenté à l'actif par :

Les usines.	22 000 000 *f*
Les marchandises.	52 000 000
Caisse et banques.	4 000 000
Brevets, concessions, fonds de commerce . .	26 000 000
TOTAL.	104 000 000 *f*

Voyons les résultats de 1898 :

Ventes brutes	85 500 000 *f*
Frais de fabrication et frais généraux	68 000 000
RESTE.	17 500 000 *f*
Produits des coupons du portefeuille	2 400 000 *f*
A déduire : intérêts aux obligations de la General Electric	1 500 000
RESTE.	900 000 *f*
Profits sur ventes de titres du portefeuille .	1 700 000 *f*
A déduire : service des brevets	1 400 000
RESTE.	300 000 *f*
PROFIT TOTAL.	18 700 000 *f*

Emploi :

Dividendes payés, y compris tous les dividendes des années antérieures jusqu'au 31 janvier 1899	8 400 000 *f*
Amortissement du déficit antérieur.	9 600 000
Bénéfice reporté à nouveau	700 000
TOTAL.	18 700 000 *f*
Au produit net de 18 700 000 *f*, on pourrait ajouter les bâtiments construits et amortis dans l'année pour apprécier la situation.	4 000 000
TOTAL	22 700 000 *f*

Ce qui laisserait les années suivantes de quoi amortir largement et donner régulièrement 6 0/0 aux actionnaires (capital 104 millions de francs). Mais on peut observer que ces résultats ne s'appliquent qu'à une vente de 85 millions de francs, en 1898, tandis que les ventes de 1899 vont être de beaucoup supérieures;

la situation de la Compagnie est donc forte par elle-même, elle n'a guère de concurrence à craindre, et le groupe financier qui l'influence, dont le chef est M. Pierrepont Morgan, est un des premiers du Nouveau-Monde.

La construction électrique se trouve donc dominée par cette énorme Compagnie, qui paraît avoir conquis une situation très stable et paraît marcher vers une très grande prospérité.

CHAPITRE VII

Les Écoles d'Ingénieurs.

J'avais déjà analysé sommairement l'année dernière, dans le *Génie Civil*, l'enseignement technique en Amérique.

J'ai eu l'occasion cette année de visiter la Pennsylvania University, à Philadelphie, la Columbia University, à New-York, et je suis retourné à l'Université Cornell, sur les bords du pittoresque lac Cayùga, non loin du Niagara et du lac Ontario.

J'ai recueilli des renseignements qui m'ont paru prendre un intérêt particulier au moment où Paris vient d'appliquer la nouvelle loi sur les universités. Nous avons maintenant plusieurs universités en France, qui s'administrent elles-mêmes, constituant des personnes morales, ayant certains droits de propriété, et destinées, dans l'esprit du législateur, à attirer l'attention des généreux donateurs, d'après l'exemple donné par les milliardaires américains. La centralisation administrative, qui ramenait tout au cabinet du Ministre de l'Instruction publique, et au gouffre du Budget national, n'avait encore jamais attiré aucune donation chez nous.

Le Conseil de l'Université de Paris va donc avoir à gérer une entreprise autonome. Voyons comment cette gérance est exercée de l'autre côté de l'Océan, dans l'une des universités les plus avancées, les plus prospères, renommée pour la qualité des Ingénieurs pratiques qu'elle forme. La Cornell University, abrite annuellement un peu plus de 2 000 étudiants, tous externes, sauf les filles, qui forment une faible minorité. La durée des études est de quatre ans. Les jeunes gens y entrent généralement vers 17 ou 18 ans après un examen sommaire, qui n'a rien de la férocité des examens d'entrée à nos grandes écoles de Paris.

Chaque trimestre, des examens sérieux ont pour but d'éliminer les fainéants, qui retarderaient le niveau moyen.

Les élèves ne sont pas exposés aux tentations de Paris, parce

que l'Université est établie dans un petit village, moins grand que Fontainebleau, et à une bonne nuit de chemin de fer des grandes capitales. Pour lutter contre l'alcool, les élèves ont des associations très sévères. Les jeux athlétiques sont admirablement organisés, et font l'objet d'entreprises particulières alimentées par des cotisations. Comme ces jeux sont à portée immédiate, l'étudiant s'y adonne avec passion, chose impossible sur le boulevard Saint-Michel ou la colline du Panthéon. Les étudiants s'associent en petits groupes pour louer des maisons, et s'y suffisent avec des distractions plus austères qu'au quartier latin, musique, conférences, comédies, vie de famille avec les familles des professeurs; contrairement à notre Université de Paris, les étudiants de la Cornell ont beaucoup à travailler. Tous savent qu'ils ont à lutter le « struggle for life ». Peu d'entre eux s'attendent à recevoir des capitaux d'héritages, car l'esprit d'épargne existe aussi peu, chez les parents, que le goût des spéculations hasardeuses est répandu. Les catastrophes sont fréquentes, et l'on s'habitue à ne compter que sur soi-même, sur sa valeur personnelle, pour livrer la grande bataille. C'est donc un tout autre esprit qui règne à la Cornell University. Tandis qu'à la Sorbonne, l'étudiant aspire à un diplôme sur parchemin qui lui ouvrira de pauvres places de professorat en province, ou de bureaucrate au rabais, l'étudiant américain pendant ses quatre années d'université, entrevoit de grandes carrières, la guerre aux millions offerte à tous, car l'avocat américain a une carrière autrement large que chez nous, les fonctions de notaire et d'avoué étant libres, et les avocats étant souvent des fondés de pouvoirs, tandis que l'étudiant des branches scientifiques aspire à la grande industrie, aux mines, qui ne sont pas monopolisées par les Ingénieurs du gouvernement, aux grandes entreprises électriques, aux chemins de fer, qui, étant toujours d'initiative individuelle, appartiennent au Génie civil.

La grandeur du champ d'action ouvert devant eux suffirait à expliquer pourquoi les étudiants américains tirent de leurs quatre années d'études un meilleur rendement que les nôtres.

Je laisse de côté la branche académique, littéraire, juridique, historique, de l'Université Cornell pour examiner plus spécialement la branche scientifique, qui est le triomphe de cette Université.

La caractéristique, ici, c'est le travail manuel, non pas comme chez nous, où il paraît dégradant, et est limité aux écoles d'arts

et métiers, préparant des contremaîtres. Supposez l'enseignement théorique de notre École Polytechnique, ou de notre École Centrale, combiné avec l'enseignement pratique des Arts et Métiers, supprimez la plus grande partie des longues conférences à l'amphithéâtre, et ajoutez du travail individuel, avec des professeurs adjoints, à la portée des élèves, pour les aider, lorsque l'élève le demande, et vous produisez alors un Ingénieur, qui saura la menuiserie, la forge, les machines-outils, la fonderie, qui aura construit, essayé, conduit toutes sortes de machines, hydrauliques, mécaniques, électriques, et qui sera apte, à 22 ans, à diriger, dans les pays les plus perdus, des chantiers compliqués, comme à aborder la théorie et la technique des inventions nouvelles. Sa santé, entretenue par l'éducation physique, reste pour lui un capital de grande valeur.

A la Cornell University, un étudiant pauvre obtient assez facilement l'une des bourses provenant de fondations de généreux donateurs; il n'a plus qu'à payer sa chambre, ses livres, ses habits et sa nourriture, et cette dernière dépense, il peut l'économiser en servant à table un groupe de ses camarades plus fortunés, qui, en échange, le nourrissent gratuitement à leur table. Ces fonctions d'*étudiant-garçon de restaurant*, sont très honorées, et les jeunes gens qui prennent ce surcroît de travail, ont souvent une grande influence sur leurs camarades. Dans ces conditions, un étudiant peut vivre avec 1 800 à 2 000 *f* par an. Un étudiant moyen, qui s'offre les distractions du canotage, de la musique, peut vivre aisément avec 3 000 *f*, y compris ses voyages de vacances. Ces voyages, parfois, ne coûtent rien, grâce à d'heureuses combinaisons pécuniaires.

Ainsi, le club musical de la Cornell University, fait tous les ans, à Noël, un grand voyage circulaire, souvent jusqu'à la Nouvelle-Orléans, à 48 heures de chemin de fer, et tous les frais de voyage sont entièrement payés par les représentations musicales données en cours de route. Le club nomme un président et un secrétaire dont les fonctions sont loin d'être seulement honorifiques, car ils font office de véritables directeurs de troupes de théâtre, avec toute la partie commerciale, locations de salles, publicité, etc. Ces jeunes gens font là, pendant leurs années d'école, un excellent apprentissage.

Voyons maintenant comment peut vivre une semblable Université, qui est entièrement indépendante de l'État, et ne doit compter que sur ses propres ressources.

Voyons d'abord les dépenses, qui sont faites largement, sans compter, toutes les branches étant luxueusement pourvues, pour un enseignement concis, facile à absorber et à conserver.

Le gros chapitre est celui des traitements, qui se monte à un million et demi de francs. Il y a environ 200 professeurs et assistants, soit 10 0/0 du nombre des élèves. Le taux *moyen* des traitements ressort à environ 7500 *f* par an. Je ferai ici observer que l'étudiant n'a pas besoin d'avoir comme diseur de conférences, répétées chaque année, l'un des maîtres de la science. Plusieurs professeurs ordinaires accompliront souvent mieux ce rôle qu'un seul membre de l'Institut, qui a l'esprit ailleurs.

Une autre grosse dépense est celle des différentes bibliothèques, soit 222 000 *f* par an. Quel monde nous sépare de nos petites bibliothèques parisiennes ! Quant à notre Bibliothèque nationale, je n'oserai en parler, car j'ai constaté qu'une bibliothèque américaine, très importante (Capitole Washington), ne mettait que 8 minutes à délivrer le volume demandé, tandis que notre Bibliothèque nationale prend en moyenne 45 minutes.

La grosse dépense, ensuite, est celle du laboratoire d'hydraulique, 225 000 *f* par an. Il faut dire que les Ingénieurs en sortent, ayant construit, conduit, essayé les rendements, etc., et que la force motrice produite sert à distribuer l'énergie électrique dans les innombrables bâtiments de l'Université, éclairage, moteurs, etc.

Le budget des recettes nous fait entrer dans la partie financière de cet établissement, dont la gestion exige les qualités combinées et compliquées, à la fois du savant, du banquier et de l'homme d'affaires.

Les recettes proviennent en effet surtout de la gestion de l'énorme fortune de l'Université, qui se monte à plus de 50 millions de francs et qu'il faut faire valoir.

Tandis que les cotisations des étudiants produisent 630 000 *f* par an (un cinquième de la recette totale), les coupons du portefeuille titres, les produits des immeubles mis en location ou affermés, etc., produisent environ 2 500 000 *f*.

Le budget total des recettes pour 1898 était de 3 200 000 *f*, contre dépenses 2 960 000 *f*, laissant un excédent à reporter de 240 000 *f*, disponible l'année suivante.

Le capital possédé par l'Université provient entièrement de donations successives.

Il se compose de :

1° Donations productives de revenus	34 000 000 *f*
2° Immeubles.	9 500 000
3° Matériel, mobilier, équipement	6 000 000
4° Dépôts en banques, etc., divers	500 000
	50 000 000 *f*

Le point de départ a été la donation du philanthrope Cornell, qui a donné des terrains énormes, et un capital de 23 500 000 *f.*

Tous les ans, il arrive un certain nombre de donations avec un but généralement défini par le donateur. Ainsi, pour l'exercice clos le 1er août 1898, l'Université avait reçu :

1° Un immeuble (augmentation d'un immeuble précédent).	125 000 *f*
2° Numéraire, pour la chimie	2 500
3° Pour l'infirmerie	300 000
4° — fonds inaliénable	500 000
5° Numéraire, pour le traitement d'un professeur désigné	10 000
6° Numéraire, pour achat de livres pour la bibliothèque	25 000
7° Numéraire pour achat de livres pour la bibliothèque	250
8° Numéraire, pour construire un portail à l'entrée de l'Université.	25 000
	987 750 *f*

Le budget annuel ne tient compte que des intérêts produits par ces donations.

La gestion d'une pareille fortune est comparable à celle d'une maison de banque. Le portefeuille titres comprend des actions et obligations de plus de 160 compagnies différentes, qu'il faut surveiller, et auxquelles il faut souvent intenter des procès. Au 1er août 1898, il y avait quatre procès de ce genre en cours.

Les placements sur hypothèques, divisés en plus de mille prêts différents, nécessitent un travail de surveillance tout spécial. A la même date, il y avait huit procès en cours, du fait de prêts hypothécaires, dont l'un, par exemple, à Seattle (côte du Pacifique), près de l'Alaska, etc. Souvent l'Université doit devenir

propriétaire de terrains abandonnés par les emprunteurs, qui vont s'ajouter à la gestion du large domaine immobilier, que l'on revend petit à petit tout en l'exploitant. Il y a actuellement plus de 60 000 hectares de forêts dépendant de ce domaine universitaire, presque entièrement dans le Wisconsin. Chaque année, l'Université vend de larges coupes de sapins sur pied, et en a retiré pour une année 65 000 *f* de recettes. Le capital « Coupes de bois à réaliser » est d'environ 500 000 *f*.

Voyons quel taux d'intérêt l'Université retire de ses placements.

Placements à	4 0/0,	pour un capital de	1 000 000 *f*
—	4 1/2	—	200 000
—	5	—	6 000 000
—	5 1/2	—	950 000
—	6	—	21 000 000
—	6 1/2	—	310 000
—	7	—	2 550 000
—	7 1/2	—	55 000
—	8	—	210 000
—	9	—	4 000
Moyenne générale 5,82 0/0.			32 279 000 *f*

L'année antérieure. la moyenne avait été de 5,87.

On peut admirer la sage gestion d'une pareille fortune, qui parvient, dans un pays où les risques sont considérables et les placements de toute sécurité rares, à conserver et augmenter des capitaux en tutelle, avec un revenu aussi élevé. Les placements sur bonnes hypothèques, à New-York, trouvent difficilement plus de 5 0/0. Les obligations des bonnes compagnies de chemins de fer donnent 4 1/2 0/0. Mais tout s'explique par l'organisation même, ces conseils d'administration ne sont pas purement universitaires, comme chez nous, où le professorat est d'ailleurs loin de préparer à la gestion des capitaux. On y fait une large place aux éléments industriels et commerçants du pays sans s'occuper de prévoir si ce cher latin, ce grec vénéré, auront à craindre des réductions de la part d'un conseil d'administration moins purement académique.

Voyons maintenant ce qu'a coûté la construction de l'Université elle-même.

1° Bâtiments.

Bibliothèque	1 540 000 f
Salle d'honneur	60 000
Bâtiment du Président	250 000
Infirmerie	300 000
Internat des filles et chapelle	1 200 000
Gymnastique et exercices militaires	295 000
Ferme d'essais et terrains	570 000
Écoles de travail manuel, fonderie, forges, menuiseries, etc.	750 000
Pavillons, habitations, etc.	340 000
Dix bâtiments pour les diverses branches, salles de travail, de conférences, etc., laboratoires	4 000 000
	9 305 000 f

Ces 9 millions et demi ne comprennent que les bâtiments.

Voici un aperçu des dépenses pour l'installation intérieure des bâtiments.

Bibliothèque	2 320 000 f
Enseignement mécanique	1 240 000
Génie civil	355 000
Physique	345 000
Chimie	270 000
Anatomie	170 000
Conchologie	100 000
Paléontologie	118 000
Architecture	60 000
Botanique	60 000
Entomologie	58 000
Divers { Agriculture, Archéologie, Géologie, Psychologie, Vétérinaire, Minéralogie	804 000
	5 900 000 f

En somme, cette université vraiment modèle représente environ 15 à 16 millions de francs de frais de première installation, un peu moins que n'a coûté le palais de Versailles, et se suffit à elle-même avec un revenu de 2 millions et demi de francs. Il

en sort des jeunes hommes qui, n'ayant pas de service militaire, entrent de plain-pied dans l'industrie ou les affaires; ils ont pour eux la santé, grâce peut-être à l'absence de baccalauréat, ce qui leur a permis de consacrer du temps aux jeux physiques.

Les jeunes Ingénieurs débutent dans un champ d'action entièrement libre, au lieu de ces petites chapelles et coteries qui encombrent notre vieille France et obligent nos jeunes gens, dès l'origine, à se spécialiser dans celle des chapelles à laquelle ils condamnent leur destinée.

L'ingénieur américain, par son éducation pratique, n'a pas besoin de ce surnumérariat qui s'impose chez l'ingénieur français, jusqu'à 25 ou 30 ans, car ce dernier n'a appris à l'école que des formules.

Il existe une autre Université excellente, conçue sur les mêmes principes, dans la ville de Lehigh. Il existe à Boston un bon institut technologique, mais qui se rapproche davantage des écoles comme celles de Zurich ou de Berlin (Polytechnicum).

Pour donner une idée de l'importance des laboratoires, je dirai que celui de la Columbia University contient deux locomotives grand modèle, en vraie grandeur, qu'on peut faire marcher à toute vitesse sur des rouleaux ou galets, dans le laboratoire même.

CHAPITRE VIII

Utilisation scientifique des cerfs-volants à Washington (1).

L'Observatoire de Washington est renommé pour ses observations météorologiques. Grâce à un service admirablement organisé, il reçoit chaque jour les observations de plus de 150 stations météorologiques de l'Amérique du Nord et des Antilles, et ces télégrammes sont immédiatement transformés par des experts, en une carte météorologique, d'où l'observatoire déduit une prédiction du temps pour environ un ou deux jours d'avance, et ces prédictions sont rarement en défaut. Outre les agriculteurs et les marins, auxquels ces prédictions sont précieuses, le commerce les emploie largement, par exemple pour les transports par chemin de fer des produits qu'affecte la température, soit qu'on

(1) Bien que le sujet suivant ne se rattache qu'indirectement au titre de ma communication j'ai cru que cette information pourrait intéresser le lecteur.

craigne la gelée, soit qu'au contraire il faille des réfrigérants à certaines stations pourvues d'appareils à glace, qui sont alors prévenues d'avance.

Les moyens de prédire le temps sont basés sur l'étude de ces grands mouvements giratoires de l'atmosphère, qui se forment généralement dans le golfe du Mexique, et se déplacent vers le nord-est, le long de la côte, affectant par leur mouvement le régime presque entier du temps sur toute l'Amérique du Nord. Ce phénomène est presque absolument régulier, et il suffit à l'Observatoire de Washington de bien déterminer la formation, le centre et le déplacement de ces mouvements giratoires, pour savoir presque exactement la trajectoire qu'ils suivront, presque toujours la même, et pour en déduire sensiblement la prédiction du temps à un ou deux jours de distance.

Pour qu'il pût en être de même en Europe, il faudrait pouvoir étudier, quelques jours d'avance, ce qui se passe sur l'Océan Atlantique, qui dirige et commande l'état de l'atmosphère de l'Europe centrale et occidentale. Peut-être la télégraphie sans fils résoudra-t-elle le problème, lorsqu'une Union internationale aura pu réunir un budget suffisant pour entretenir une petite flotte de stations navales météorologiques, en différents points avancés de l'Océan.

Quoi qu'il en soit, l'importance commerciale de la météorologie s'est affirmée du jour où cette science a commencé à produire des prédictions sensiblement exactes, et les savants du monde entier ont cherché de nouveaux moyens d'explorer les hautes couches de l'air, dont les résultats d'observation sont bien plus concluants que l'air ambiant de nos rues, ou même le sommet de la tour Eiffel.

En Europe, on a surtout cherché dans la voie des ballons, soit libres, soit captifs, soit des ballons-sondes, lâchés librement, avec des appareils enregistreurs, pour explorer, à une heure déterminée, les très hautes couches en différents points de l'Europe. Mais ce moyen des ballons-sondes est très coûteux et très incertain, car on ne sait jamais où ira le ballon, ni s'il sera retrouvé. La difficulté d'une bonne observation scientifique, dans de semblables conditions, doit faire limiter ce moyen à l'étude des très hautes altitudes, car le moyen employé à Washington ne coûte presque rien comme frais d'installation, et peut être mis en œuvre presque chaque jour sans aucune dépense, c'est le cerf-volant scientifique, qui a la forme d'une armoire d'environ

2 *m* de côté, et qui monte à 3 000 *m*, et déroule 4 à 5 *km* de fil.

Ce cerf-volant n'a pas de queue, il se tient en équilibre de lui-même. Il pèse 3 1/2 *kg* et porte en outre une boîte contenant les appareils enregistreurs, et qui pèse 1 1/2 *kg*, soit au total 5 *kg* avec une surface utile d'environ 7 m^2.

La corde du cerf-volant est remplacée par un fil d'acier, corde de piano, de 7/10 *mm* de diamètre. Par les grands vents, le cerf-volant exerce un effort de traction de 40 à 60 *kg*, et c'est la la limite qu'on conseille de ne pas dépasser. Au point d'attache, à terre, est un dynamomètre d'observation (il s'enregistre quelquefois automatiquement). Au point d'attache sur le cerf-volant, se trouve comme dispositif de sûreté contre les vents trop forts, un fil un peu plus fin qui reçoit toute la tension, destiné à se rompre et commandant alors un déclic qui fait passer le point d'attache plus haut; le cerf-volant se couche alors sur le vent, et l'effort de traction étant moindre, l'opérateur peut soit le descendre, si l'ouragan s'annonce, soit continuer les observations dans cette position. Le fil de piano est l'objet des plus grands soins, graissé chaque jour et conservé à l'abri de la moindre tache de rouille, qui pourrait causer des ruptures.

Il est rare que le vent soit trop faible, au moins dans les hautes régions. On lance alors le cerf-volant en lui donnant 300 *m* de corde, et, au lieu de « courir pour l'enlever », comme font les enfants, l'opérateur tourne la manivelle d'un tambour, sur lequel s'enroule le fil de piano, et qui sert de même pour la descente. A la montée l'opérateur laisse dérouler le tambour en le retenant avec un frein. Pour des cerfs-volants de 2 *m* et un bon vent, il faut mettre deux hommes à la manivelle du tambour, aussi certains observatoires y ont-ils mis une petite machine à vapeur. La tension est rarement de 40 à 50 *kg* sur le point d'attache. Les vents moyens donnent de 10 à 15 *kg*.

L'Observatoire de Washington a fait imprimer un manuel détaillé, sur la manière de lancer ou de faire descendre ce cerf-volant. Ce manuel contient des tables qui servent à calculer exactement la hauteur du cerf-volant, au moment où l'opérateur veut faire une observation — à cet effet il note l'heure (pour se repérer ensuite sur les appareils enregistreurs du cerf-volant), — puis il note la tension au dynamomètre et lit sur un cercle gradué l'angle de la corde du cerf-volant avec l'horizon, il note l'azimuth et, avec un viseur, sur le même cercle gradué, la hauteur angulaire du cerf-volant lui-même au-dessus de l'horizon.

Le tambour d'enroulement porte une graduation qui donne la longueur du fil déroulé. Ces tables sont calculées jusqu'à 5 *km* de fil et 3 *km* de hauteur, pour une hauteur angulaire du cerf-volant variant de 26° à 64° au-dessus de l'horizon, et, pour des inclinaisons du fil à terre depuis 0° jusqu'à 45°.

Grâce aux appareils enregistreurs on peut donc savoir, à toute heure, l'état de l'air à toute hauteur au-dessus d'une station, et, en espaçant par exemple trois cerfs-volants, l'un, à 1 000 *m* d'altitude, l'autre, à 2 000 *m*, le troisième, à 3 000 *m*, on pourra comparer, dans l'espace d'une journée, et pour chaque jour, les variations des différentes couches.

A Washington, le cerf-volant enregistre lui-même :

1° La vitesse du vent (anémomètre);
2° La pression;
3° La température;
4° Le degré d'humidité.

Un double appareil placé à terre enregistre l'état du ciel (ciel pur ou couvert) au moyen de la photographie, d'une part, et de la température du rayon solaire, d'autre part. L'anémomètre est le seul appareil du cerf-volant où l'électricité joue un rôle. De petites piles sèches très légères, au chlorure d'argent, commandent un électro-aimant qui constitue le mécanisme enregistreur.

Il est regrettable que les savants n'aient pas encore entamé l'étude de l'état électrique de l'atmosphère, qui doit avoir une grande relation avec la prédiction du temps, et avec bon nombre de phénomènes pathologiques et psychologiques. Le principe de la télégraphie Duplex est applicable au fil de ligne du cerf-volant et il serait possible de connaître à terre, à chaque instant, l'état des électromètres du cerf-volant, pour étudier les échanges incessants d'électricité entre l'air, les nuages, la terre, sous l'influence du mouvement diurne.

Il m'a été dit qu'on n'avait encore ni perdu ni cassé un seul appareil enregistreur par le fait de chutes ou ruptures de cerfs-volants, quoique ces observations soient maintenant conduites méthodiquement dans un grand nombre de stations.

La France vient de demander à Washington un semblable cerf-volant, qui est en service à l'observatoire de Trappes (Seine-et-Oise), sous la haute direction de M. Teisserenc de Bort.

Il y a aussi à Nantes une station pourvue d'un cerf-volant.

L'Allemagne a également reçu le même matériel.

Le manuel de Washington donne des renseignements très complets sur la manière dont un amateur peut construire lui-même un semblable cerf-volant, et sur la manière de s'en servir pour faire des observations utiles. Il recommande de faire toujours une observation avant et après le passage d'un nuage. (Le cerf-volant est généralement bien au-dessus des petits nuages de surface.) Les précautions pour le lancement et la descente sont minutieusement indiquées, pour rendre ces opérations sûres et méthodiques.

La science météorologique entre certainement avec cet instrument dans une voie nouvelle, à laquelle il ne manque plus que le concours des électriciens, pour arracher à notre atmosphère tous ses secrets. Il sera facile et peu coûteux d'installer, à la campagne, des stations de cerfs-volants, il ne manquera pas d'instituteurs capables de s'en occuper, moyennant un supplément de rétribution, et les courbes graphiques ainsi enregistrées, et dépouillées au bureau international, avanceront singulièrement la science de la météorologie, encore à ses débuts.

LES

TRAVERSES MÉTALLIQUES[1]

PAR

M. Auguste MOREAU

La longueur totale des chemins de fer du globe est actuellement d'environ 750 000 *km*, ce qui représente, en ajoutant 20 0/0 pour les doubles voies, les gares, etc., environ 900 000 *km* de voies simples, supportées par plus d'un *milliard* de traverses.

En supposant que l'annuité moyenne d'entretien et d'amortissement par traverse soit de 0,42 *f*, on arrive à une dépense annuelle, de ce chef, de *420 millions de francs*.

Une simple économie annuelle, insignifiante au premier abord, d'un centime par traverse, soit 2 0/0 de l'annuité, donne immédiatement une réduction de dépense d'environ *10 millions de francs* par an pour le réseau entier du globe.

Il y a donc grand intérêt à s'occuper des moyens de réaliser cette économie ; aussi le « Congrès international des chemins de fer », pénétré de l'importance de la question, en a-t-il fait, dès ses premiers travaux, l'objet de sa vive sollicitude.

Depuis l'époque où l'on n'employait que des traverses en bois non injecté, on a réalisé — malgré l'augmentation de la charge et de la vitesse des trains — de grands progrès en ce qui concerne l'entretien et la durée de ces traverses, grâce au choix rationnel du ballast et des essences, à l'injection du bois, aux plaques et selles en feutre, en fer et en acier, aux coussinets, aux attaches plus judicieuses, etc., et enfin, depuis une vingtaine d'années, grâce à l'emploi du fer et de l'acier pour les traverses mêmes.

Sur le très grand nombre de systèmes de voies métalliques qui ont été essayés, il y en a beaucoup qui n'ont pas donné le résultat attendu ; de nombreuses expériences ont d'ailleurs été poursuivies sans méthode, en faisant varier plusieurs éléments à la fois ; d'où la difficulté de dégager une conclusion bien appuyée sur la réalité des faits.

(1) Voir planche 225.

Parmi les essais pratiques qui ont été réalisés sur les chemins de fer, nous remarquons ceux de la *Compagnie néerlandaise des chemins de fer de l'État ;* essais comparatifs et méthodiques de 11 systèmes de traverses en fer et en acier, commencés en 1881 sur l'initiative de notre Collègue M. J. W. Post, Ingénieur de cette Compagnie.

Dans une note parue dans les Mémoires de 1885 de notre Société, M. Post a décrit les perfectionnements qu'il avait graduellement introduits de 1880 à 1885 dans le laminage, le parachèvement, la forme, etc., des traverses d'acier et dans les attaches. Depuis il a continué à perfectionner son système, et la Compagnie néerlandaise a mis en œuvre de 1881 à 1890 une vingtaine de sections d'épreuve, en appliquant chaque année les derniers perfectionnements connus.

M. Ch. Renson, l'Ingénieur chargé de l'entretien des lignes où se trouvent ces sections d'essai, les mit en observation spéciale, fit noter minutieusement les journées de piocheur employées à l'entretien ordinaire de chaque section et le nombre de traverses et d'accessoires retirés de la voie pour défauts, et examina périodiquement quelques traverses et attaches de chaque système en œuvre.

Comme base de comparaison, il installa en 1881 une section du type de voie jusqu'alors courant, c'est-à-dire à rails posés sur traverses neuves en bon chêne.

M. Renson a continué cette étude persévérante de 1881 jusqu'au 1er janvier 1899, c'est-à-dire pendant 17 années, et il a consigné les résultats de ce beau et consciencieux examen dans un rapport que le *Bulletin international du Congrès des chemins de fer* a publié en 1898.

Le rapport très documenté de M. Renson que j'ai l'honneur de déposer en son nom pour notre bibliothèque, est accompagné de 23 figures et de 4 tableaux statistiques des frais d'entretien sur les 20 sections d'essai à traverses métalliques et sur la section-base de comparaison avec traverses en chêne. Je vais brièvement résumer la description de la méthode et des différents systèmes essayés.

Les frais sont exprimés en journées de piocheur par kilomètre de voie et par 10000 trains.

Les types I, II et V de traverses sont du profil Vautherin *(fig. 1)*, et nous voyons qu'ici, comme dans beaucoup d'autres cas d'ailleurs, le point de départ a été une invention d'origine française.

Les types III et IV sont du profil Haarmann *(fig. 2)*; les types VI à XI du système Post à profil variable *(fig. 3 et 4)*, ont, sous patin de rail, un profil genre Kuepfer (Saint-Gothard).

Les traverses types I et II sont en fer, les autres en acier.

Les types I à IX de traverses ont des lumières rectangulaires à angles arrondis, poinçonnés à l'emporte-pièce; les derniers types, X et XI, ont des lumières rondes *forées (fig. 4)*.

Le boulon des systèmes A, B et C d'attaches, est à collet rectangulaire, empêchant le boulon de tourner avec l'écrou, et exigeant des trous rectangulaires poinçonnés dans les traverses. Le boulon du système E d'attaches, au contraire, est à tige ronde, et c'est la tête carrée du boulon, logée entre deux nervures longitudinales laminées sur la surface inférieure de la table de la traverse *(fig. 3 et 5)*, qui empêche le boulon de tourner en même temps que l'écrou. C'est ce détail, à la fois simple et ingénieux, qui permet d'avoir des trous *ronds forés* dans les traverses; c'est, en réalité, l'œuf de Christophe Colomb, mais il me semble néanmoins que ce détail a fait faire un grand pas à la question des traverses métalliques, qui est entrée, par cela même, dans une nouvelle phase pratique, comme nous le verrons plus loin au chapitre des « Fissures ».

Le procédé de laminage à profil variable ne fait plus l'objet d'un brevet, et les autres perfectionnements de M. Post concernant les traverses et les attaches ne sont pas brevetés.

Les traverses à profil variable se laminent en forme d'auge ou bien on les fabrique en laminant une barre plate dont une partie a une épaisseur variable *(fig. 6)* et à laquelle on donne ensuite la forme d'auge en l'emboutissant dans une matrice.

On peut aussi fabriquer ces traverses à profil constant, soit en laminant en forme d'auge ou bien en laminant à profil plat. En supposant une même section BB *(fig. 3 et 4)*, sous patin du rail, pour les quatre procédés de laminage, l'économie de matière obtenue par le profil variable est d'environ 13 à 15 0/0; d'autre part, le prix par tonne de traverses à profil variable est, en général, un peu supérieur à celui des traverses à profil constant, à cause des frais de cylindres spéciaux.

Les conditions d'exploitation sur les lignes d'essai de M. Renson sont normales, c'est-à-dire celles des neuf dixièmes peut-être du réseau européen : ballast en sable et gravier; 13 traverses par 12 *m* de voie et 10 par 9 *m*; rails d'acier de 38 *kg* par mètre du vieux profil État belge; éclisses en cornières:

locomotives de 68 *t* avec essieu le plus chargé de 13,9 *t*; vitesse maxima de 75 *km* à l'heure; 14 à 29 trains par jour; pentes jusqu'à 16 *mm* par mètre; rayon minima des courbes, 350 *m*.

Dans les conclusions de son rapport, M. Renson constate que c'est le système Post, type X avec attaches D, qui a donné les meilleurs résultats; il estime qu'il est de beaucoup préférable à la traverse en chêne et ce, à tous les points de vue : durée et annuité pour renouvellement de traverses et d'attaches, conservation des patins de rail, frais d'entretien ordinaire (bourrage, dressage, maintien de l'écartement, ballast) et sécurité.

Ceux qui s'intéressent spécialement à la question des voies métalliques trouveront dans le rapport de M. Renson une foule de renseignements et de détails sur les différents systèmes essayés, ainsi que sur les défauts constatés et leurs causes.

Je me bornerai à vous parler de quelques points fondamentaux qui régissent la question, savoir :

L'influence de la rouille;

L'usure;

Les fissures dans la table de la traverse;

L'entretien courant de la voie et le développement de l'emploi des traverses métalliques.

Influence de la rouille.

M. Renson cite l'exemple des 10 000 traverses métalliques, système Cosijns (poutrelle en fer à I avec deux tasseaux en chêne, *fig.* 7), mises en œuvre en 1865 sur la ligne Deventer-Olst de la Compagnie néerlandaise. Dans une communication faite en 1886 (1) à la « Société belge des ingénieurs et industriels », M. Post appuya sur l'importance de ces traverses comme documents pour la question de la rouille. Aujourd'hui, ces vénérables traverses ont 34 *(trente-quatre)* ans de service et se portent fort bien. Elles ont supporté plus de 200 000 trains, et l'on est tellement convaincu qu'elles résisteront encore bien des années qu'on procède actuellement au remplacement des tasseaux en chêne, qui ne durent que de 3 à 10 ans, par des tasseaux métalliques. Ce fait éloquent prouve que, si le ballast ne contient pas d'ingrédients qui corrodent fortement le fer, l'influence de la rouille sur les traverses métalliques est absolument *insignifiante*.

(1) Bulletin de mars 1886 de la *Société belge des ingénieurs et industriels.*

Il en est de même pour les attaches. On a constaté que, dans le ballast ordinaire, les plaques, les crapauds, les carrés excentrés et même le filet des boulons et des écrous, résistent suffisamment à la rouille pour que, dans des conditions rationnelles d'emploi, les dépenses annuelles du chef de renouvellement des attaches de traverses métalliques soient *inférieures* à celles du renouvellement des accessoires de traverses en chêne.

Usure.

Pour réduire le frottement et le martelage des surfaces de contact entre rails, traverses et attaches, il est très essentiel d'éviter le desserrage des écrous ; ce point est d'autant plus important que l'assujettissement solide du rail sur la traverse augmente la sécurité de la voie.

M. Renson a essayé plusieurs systèmes à écrous et a constaté qu'il y en a de très efficaces, absolument indesserrables sous l'effet des vibrations dues au passage des trains. Il a trouvé, en outre, qu'avec un bon système d'écrou, l'usure du patin du rail, de la table de la traverse, des parois des lumières, des boulons et des crapauds est tout à fait *minime*.

Notons qu'au *chemin de fer du Saint-Gothard*, où l'on se sert depuis 1886 presque exclusivement de traverses en acier genre Post, on a obtenu, malgré les locomotives de 100 *t* et les essieux chargés de 15,6 *t* ; malgré les courbes de 280 *m* de rayon et les pentes de 27 *mm* par mètre ; et malgré les vitesses de 85 *km* à l'heure, la même impression favorable (1). Cette Compagnie estime en effet : « qu'on peut évaluer la durée des traverses d'acier comme égale à celle des rails d'acier, c'est-à-dire à plusieurs fois celle des traverses en chêne ».

Pour les lignes à grande circulation, M. Renson estime qu'il peut y avoir avantage, surtout dans les courbes, à éliminer, pour ainsi dire, l'usure de la table de la traverse et à prolonger ainsi encore sa durée, en intercalant sous le patin du rail une *plaque d'usure (fig. 5)* en fer ou en acier, que l'on peut facilement renouveler. Avec le système D d'attaches, ce renouvellement peut même s'opérer sans qu'on ôte les boulons. (Un modèle qui circule montre d'un côté une « plaque d'usure » de ce genre.)

Au *chemin de fer de l'Est français* on a posé, en 1886, sur la ligne

(1) *Revue technique*, 1898, page 150.

de Paris-Mulhouse, à 11 *km* de Paris, une section d'épreuve (1) en rails de 30 *kg* le mètre sur traverses Post du type d'alors, du chemin de fer de l'État belge, qui ne comportait pas de nervures longitudinales ni de taille *(fig. 8)* (2). Il y a 16 traverses par 12 *m* de voie. La moitié de la section se trouve en alignement et l'autre moitié en courbe de 1 100 *m* de rayon; les deux parties sont en pente de 3 *mm* par mètre. Le poids des essieux les plus chargés des locomotives circulant sur ces voies est de 16 *t*. Cette ligne est journellement parcourue par environ 80 trains dont 6 express de 80 *km* à l'heure; la section d'épreuve a livré passage, jusqu'à présent, à environ 350 000 trains.

A ce travail considérable, pendant tantôt 13 années, les traverses ont fort bien résisté; l'assemblage des rails et des traverses est toujours irréprochable et l'usure des surfaces de contact est insignifiante. Il est évident que la semelle en feutre intercalée entre le patin du rail et la table de la traverse, a contribué considérablement à ce succès, en éliminant le frottement du rail sur la traverse, en empêchant le sable de s'introduire entre les deux, et en donnant un bon assemblage élastique qui ménage les attaches.

Il paraît donc avantageux de prendre la plaque d'usure que M. Renson préconise pour les lignes à grand trafic, non pas en fer ou en acier, mais en bon feutre goudronné. Il est vrai que ces semelles en feutre ne peuvent desservir que 75 000 à 100 000 trains, mais avec les attaches D leur remplacement est facile, puisque le boulon reste en place. Toutefois, il y aurait avantage à chercher pour la semelle une matière élastique et tenace, qui résiste encore mieux que le feutre goudronné à l'usure et à la pourriture, sans être d'un prix trop élevé. Cette semelle idéale une fois trouvée, ferait faire un nouveau pas à la question des traverses métalliques, parce que, à part la plus grande élasticité de l'assemblage et la moindre usure, il en résulte aussi une diminution de l'action dynamique de la roue sur la traverse et, en même temps, une réduction de la sonorité et du ferraillement métallique au passage des trains.

Avec l'emploi de traverses en bois, il se produit souvent des encoches considérables dans les patins du rail et dans les crampons *(fig. 9)* ou tirefonds; bien des rails, en effet, posés sur tra-

(1) Trop courte malheureusement pour juger des frais d'entretien courant.

(2) *Report by Russell Fratmen to U. S. Government*, Division of Forestry. Washington, government printing-office.

verses en bois, sont mis hors de service par l'usure locale longtemps avant que l'usure régulière du champignon ait atteint la limite fixée. Avec l'emploi de traverses métalliques cette entaille du patin de rail et des boulons est insignifiante, et de cette façon *l'existence du rail est prolongée;* surtout avec les attaches D, grâce au carré excentré *(fig. 5)* qui offre une large surface de contact, et à l'écrou indesserrable qui empêche le martelage du rail. Par l'examen de séries de rails se trouvant en alignement et en courbes, M. Renson a vérifié ce fait, qui est une bonne note pour les traverses métalliques et dont on s'est trop peu rendu compte jusqu'à présent.

Fissures dans la table de la traverse.

Dans son rapport, M. Renson constate que sur toutes les sections d'épreuve en traverses à lumières rectangulaires poinçonnées (types I à IX), il s'est produit après peu d'années de service de petites fissures partant des angles des lumières. Avant de rédiger son rapport, il a fait examiner soigneusement toutes les traverses des types X et XI à lumières rondes forées, et aucune d'elles ne montra une trace de fissure.

Il y a quelques années, beaucoup d'ingénieurs qui essayaient des traverses en fer ou en acier, se sont beaucoup effrayés à l'apparition de ces fissures. On est même allé quelquefois, notamment en Belgique, jusqu'à prédire la faillite générale de la traverse métallique. D'autres, moins pessimistes, étaient cependant forcés d'admettre que c'était là le point vulnérable du système et, qu'en général, les traverses devaient périr par les trous qui servent aux attaches.

Aujourd'hui, on est d'accord pour reconnaître que c'est l'opération même du poinçonnage qui produit l'embryon de ces fissures s'aggravant sous les efforts dus au passage des trains. Ce ne sont généralement pas ces efforts qui les produisent, car dans la section de la traverse, la plus grande tension causée par la charge ne se trouve pas dans la table, mais dans les rebords inférieurs, qui sont plus éloignés de l'axe neutre de la section que cette table; cependant ces rebords inférieurs ne se fissurent que fort rarement.

Au Congrès international des chemins de fer de Saint-Pétersbourg (4e session), M. Bricka, alors Ingénieur en chef aux chemins de fer de l'État français, a d'ailleurs signalé le détail curieux

et convaincant que voici (1) : un des chefs de section a constaté que la proportion des fissures était plus forte dans les traverses neuves, restées en réserve au dépôt sans avoir jamais servi, que dans les traverses en œuvre!

Au point de vue de la sécurité, les fissures ne présentent rien d'effrayant. Sur quelques chemins de fer on a laissé les traverses fissurées dans la voie sans autre précaution qu'un examen périodique ; les fentes s'agrandissaient lentement et la plupart de ces traverses ont fait et font encore un assez bon service.

D'autres Compagnies ont prolongé l'usage des traverses présentant des fissures en les armant de plaques en fer, en acier ou même en chêne.

Ailleurs, on a appliqué le procédé classique pour arrêter les fissures, en forant à la mèche un petit trou rond après avoir cherché, en frottant avec de l'huile, les points où les fissures s'arrêtaient; toutes ces traverses sont restées en œuvre sans inconvénient.

Dans les dernières années, la fabrication de l'acier doux, surtout suivant le procédé basique, a fait de grands progrès et les traverses d'acier d'aujourd'hui supportent mieux le poinçonnage que celles d'il y a dix ans dont souvent l'acier était dur, aigre et peu homogène. Toutefois, il vaut mieux éviter le poinçonnage; mais si l'on ne peut se passer de trous rectangulaires; si donc, il faut absolument que les trous soient poinçonnés, on fera bien de prescrire un bon congé dans les angles des trous, de proscrire les poinçons usés et écrasés et de bien faire surveiller l'opération.

En procédant ainsi, on peut obtenir des traverses d'une durée convenable, même avec des trous poinçonnés; surtout si l'on se sert de semelles en feutre, ainsi que le prouvent les traverses en essai au *chemin de fer de l'Est français*. Nous avons vu, tout à l'heure, au chapitre « Usure » que ces traverses Post à semelles en feutre ont résisté jusqu'à présent à 350 000 trains et à des vitesses de 80 *km* à l'heure. Cependant, elles sont du même profil *(fig. 8)* et du même métal, elles proviennent de la même aciérie et elles ont le même système (Rueppel) d'attaches que les traverses essayées en 1886, en Belgique, sans semelles et qui montraient, malgré les prescriptions du cahier des charges, peu de temps après leur mise en œuvre, les fissures dues au poinçonnage.

(1) *Bulletin du Congrès*, 1893, pages 157 et suivantes.

Les gros coussinets en fonte dont on se sert surtout pour les rails à double champignon, mais aussi pour les rails à patin *(fig. 10)*, amortissent mieux encore que les semelles les chocs provenant du passage des trains (roues à méplats, joints de rail usés, etc.) et quoique l'emploi de ces coussinets sur les traverses d'acier ne les garantisse pas absolument contre les fissures, ces traverses ainsi armées peuvent faire un bon service.

Cependant le moyen radical pour éviter les fissures, c'est de proscrire entièrement le poinçonnage en exigeant le *forage* des lumières et, bien entendu, en ayant soin de s'assurer qu'elles sont *réellement forées*. Or, le système D d'attaches, en service depuis 1890 sur les lignes de la Compagnie néerlandaise, permet — grâce aux deux nervures longitudinales sous la traverse — de se passer de trous rectangulaires et d'avoir des trous *ronds*. L'opposition des aciéries qui se manifestait d'abord contre le forage, a été vaincue et aujourd'hui on peut, avec un outillage approprié, forer avec précision, rapidement et à bon marché, les 4 trous par traverse à la fois. Le surcroît de dépense en comparaison des trous poinçonnés n'est que de 7 à 10 centimes par traverse; une économie de 1 *kg* d'acier par traverse suffit donc amplement pour racheter cette majoration.

Comme essai de réception, il est bon d'exiger *(fig. 11)* que la traverse entière munie de lumières forées supporte sans qu'elle se fissure, qu'on la plie à froid à l'endroit des lumières. En outre, la traverse forée aplatie à froid au marteau-pilon, devra supporter sans se fissurer un pliage à froid de 180° (rayon de courbure environ zéro), également à l'endroit des lumières forées.

Déjà en 1889, au Congrès international de Paris (3e session), alors que plusieurs Ingénieurs, et notamment les Belges, s'inquiétaient beaucoup des fissures, la véritable solution a été indiquée par M. Kalff, Ingénieur en chef de la Compagnie des chemins de fer de l'État néerlandais, qui disait (1) : « Il ne faut pas condamner les traverses métalliques à cause des fissures, mais il faudra *abandonner le poinçonnage*. Il faudra *forer les trous* et la Compagnie néerlandaise s'occupe actuellement de cette solution. » Quelques mois après, cette Compagnie mit en œuvre les traverses Post, types X et XI, avec attaches D, et aujourd'hui, après dix ans d'expérience, nous savons que ce système a parfaitement répondu aux espérances.

(1) *Bulletin du Congrès*, 1890, page 24.

Entretien de la voie sur traverses d'acier.

Pour préciser les idées, M. Renson, dans son rapport, considère à part l'entretien courant de chaque type de voie essayé. Ces frais d'entretien comprennent la main-d'œuvre pour bourrer, dresser, relever la voie et pour serrer les écrous, ainsi que la main-d'œuvre pour le remplacement du matériel mis hors de service. Pour la voie-base sur traverses en chêne, ces frais comprennent aussi le resabotage des surfaces d'appui.

Pour les types I à V de traverses métalliques, les frais d'entretien dépassent ceux de la voie-base sur traverses en chêne. La traverse, type I, ne pèse que 40 *kg* et ses attaches, système A, sont défectueuses. Cependant, la différence des frais d'entretien de ce type de voie avec la voie-base sur traverses en chêne, est non seulement rachetée par la différence d'annuité pour renouvellement, mais il reste encore 130 *f* par kilomètre annuel, en faveur du type I reconnu insuffisant.

Chacun des types suivants est un perfectionnement du précédent et les frais d'entretien du type VI sont déjà un peu inférieurs à ceux de la voie-base sur traverses en chêne. Pour la voie sur traverses Post, types X et XI, enfin, avec attaches D, ces frais sont de beaucoup inférieurs.

Quelques chemins de fer se sont plaints de la difficulté de bien dresser une voie sur traverses métalliques. C'est là surtout un défaut d'écartement; si les trous ne sont pas placés exactement aux distances voulues, on a beau dresser une file de rails, l'autre file présentera des sinuosités, à moins que la disposition des attaches ne permette de corriger les différences d'écartement. Le carré excentré *(fig. 5)* des attaches D, remédie facilement à ces irrégularités et permet, si l'on veut, d'obtenir et de maintenir l'écartement avec une grande précision.

Quelques Ingénieurs n'aiment pas les boulons devant être introduits par-dessous; d'autre part, les boulons qu'on introduit par le dessus exigent de grandes lumières qui affaiblissent la traverse à l'endroit de la grande fatigue. Les boulons des attaches D s'appliquent lors de la pose par le dessous, mais puisqu'ils restent en place pendant toutes les opérations de l'entretien, cela ne présente aucun inconvénient, ainsi que le prouvent, d'ailleurs, les huit années de service sur les lignes néerlandaises. Il est rare qu'un boulon se brise au serrage de

l'écrou si l'on a choisi une matière tenace pour le fabriquer. D'excellents résultats ont été obtenus avec l'acier Martin ayant des minima de : 44 *kg* par millimètre carré de résistance à la traction, 48 0/0 de striction et 23 0/0 d'allongement sur 200 *mm* d'éprouvette.

Dans une note très remarquée (1) sur les traverses, M. Ast, directeur du chemin de fer du Nord-Empereur-Ferdinand (Autriche), parle de la grande importance de l'asséchement de la plate-forme au point de vue de l'entretien de la voie en général, et M. Renson, quoique préférant, en raison des bons résultats obtenus, une bonne voie métallique à celle à traverses en bois, donne lui-même la préférence à la traverse en chêne pour les cas restreints :

1° D'une plate-forme mal drainée;
2° D'un remblai non encore suffisamment assis;
3° D'un sous-sol marécageux;
4° D'un ballast peu perméable.

Bien des déceptions eussent été évitées si plusieurs chemins de fer qui ont essayé des voies métalliques avaient tenu compte de cette particularité sur laquelle, déjà en 1885, M. Post, dans sa note précitée (2), a fixé l'attention :

« On ne devrait jamais placer des traverses métalliques sur » certains terrains mouvants où la voie s'enfonce continuelle- » ment et où l'on doit, par conséquent, relever souvent la tra- » verse à la hauteur primitive. Ces parties de voie, peu nom- » breuses, heureusement, sont toujours fort coûteuses d'entre- » tien, mais elles le sont un peu moins avec les traverses en » bois. »

Au *chemin de fer de l'État belge*, par exemple, où, malgré les bons résultats obtenus avec des traverses métalliques sur les lignes belges privées *(Liégeois-Limbourgeois* et *Grand-Central)*, et malgré l'importance de la question pour l'industrie sidérurgique et métallurgique de ce pays essentiellement industriel, les essais n'ont jamais été couronnés de succès (3); on a mis en 1886 plusieurs sections d'épreuve sur des parties où l'écoulement des eaux laissait à désirer, tandis que la fixation du rail sur la tra-

(1) *Bulletin du Congrès*, 1895, page 3.
(2) *Mémoires de la Société des Ingénieurs Civils de France*, 1885.
(3) On se rappelle le résultat désastreux des essais belges d'autrefois de voies métalliques, système Hilf.

verse était peu solide (système Rueppel). Une partie de ces traverses était du même typé *(fig. 8)* et de la même fabrication que celles essayées au chemin de fer de l'État français (voyez au chapitre « Fissures »). On y a trouvé une tendance au cheminement et une détérioration du ballast, avec des frais élevés d'entretien, ce qui n'est pas étonnant. On a reproché ces mécomptes à la forme d'auge de la traverse; on allait même jusqu'à prétendre que la traverse métallique, pour être bonne, doit avoir la forme prismatique de la traverse en bois !

Au Congrès de Saint-Pétersbourg (4e session), il a été constaté que cela est en contradiction avec les résultats obtenus sur tous les autres chemins de fer qui ont fait des essais sérieux avec des traverses d'acier en forme d'auge *(chemins de fer de l'État français* et *néerlandais, chemins de fer suisses, autrichiens, etc.)*, et que les inconvénients en question ne sont pas inhérents à cette forme, qu'au contraire elle se prête avec avantage à une fabrication courante et à une solide et simple fixation des rails, sans comporter un poids exagéré ni l'emploi coûteux de rivets, toujours périssables.

M. Ast, rapporteur, dans une note spéciale sur les frais d'entretien (1) a présenté les faits dans leur, véritable jour et pendant la discussion du Congrès, M. Bricka a trouvé la véritable formule en matière d'essais de voies métalliques. Il faut, dit-il, quand des mécomptes se présentent, en rechercher les causes dans les faits eux-mêmes que l'on peut observer, au lieu de les déduire d'idées préconçues et d'attribuer au système lui-même les conséquences des fautes commises par ceux qui l'emploient (2).

Notre Collègue, M. Kowalski, Ingénieur en chef du chemin de fer Bône-Guelma et rapporteur sur la question des voies métalliques aux derniers Congrès des chemins de fer, a signalé dans son exposé solidement documenté (3) pour le Congrès de Saint-Pétersbourg (4e session), l'économie de frais d'entretien due à la traverse métallique lorsqu'elle est placée dans des *conditions rationnelles d'emploi*. En résumant la statistique des diverses administrations, il trouve par kilomètre de voie et par an :

Pour la voie sur traverses en bois . . . . 455 *f*
— — métalliques . . . 314
Soit en faveur des traverses métalliques : 141 *f* ou 30 0/0.

(1) *Bulletin du Congrès*, 1893, page 17.
(2) *Bulletin du Congrès*, 1893, page 167.
(3) *Bulletin du Congrès*, 1892, page 2323.

En confirmation de ces chiffres, il signale, entre autres, les résultats favorables obtenus aux *chemins de fer de l'État français*, où, à la suite du remarquable rapport de M. Bricka au ministre des Travaux publics (1), on a mis en œuvre des traverses métalliques dès 1887, dont 15 *km* du système Post *(fig. 12)*, et où, malgré les vitesses des trains de 70 à 80 *km* à l'heure, l'économie en faveur des traverses d'acier varie de 12 à 41 0/0 sur les diverses lignes.

M. Kowalski a fait le même travail statistique (2) pour le Congrès de Londres (5e session), et il arrive à un résultat analogue. Les expériences comparatives, sur six points du réseau de l'État français, accusent cette fois une moyenne de frais d'entretien par kilomètre annuel :

De 363 *f* pour la voie sur traverses en bois:
Et de 266 *f* — — d'acier;

Soit environ 100 *f* par kilomètre annuel en faveur des traverses d'acier ou 27 0/0.

Le grand avantage que présente une bonne traverse métallique pour l'entretien, c'est l'*homogénéité de la voie* qui en résulte. La suppression des remplacements partiels nécessités par la pourriture et par l'incrustation du bois et qui altèrent l'homogénéité de la voie, permet souvent, en effet, de substituer des cantonniers travaillant isolément aux ouvriers réunis en brigades. On évite ainsi des parcours inutiles, qui sont une cause de pertes de temps importantes. Dans ce cas, les cantonniers ne sont réunis que pour les travaux exceptionnels impossibles à faire exécuter par un seul homme.

On a beaucoup discuté au Congrès les avantages et les inconvénients de la méthode d'*entretien par revision générale*, appliquée la première fois avec un si grand succès au chemin de fer de l'Est français par notre regretté Collègue, M. Freund. On a reconnu, en général, la supériorité de cette méthode, mais on lui a reproché le remplacement prématuré d'une partie des traverses (en bois), qui, alors, sont renouvelées avant qu'elles aient atteint leur limite d'âge ou d'usure. Cette objection capitale disparaît avec l'emploi d'un bon système de traverses d'acier, dont la durée est à peu près uniforme pour toute la partie soumise

(1) Paris, 1886, Imprimerie nationale.
(2) *Bulletin du Congrès*, 1895.

au même trafic et égale environ à celle des rails d'acier. C'est là l'idéal posé par le regretté M. Hunt, Ingénieur en chef du « Lancashire-Yorkshire Railway », qui, dans son rapport sur le « renforcement des voies » pour le Congrès de Londres (1), disait : « Il est désirable que l'ensemble des parties constitutives de la voie soient renouvelées en même temps. » Il allait même jusqu'à s'opposer à l'augmentation du poids du rail, parce qu'on ne gagnerait pas grand'chose en ayant un rail qui survivrait à la traverse.

Dans son exposé sur le « renforcement des voies », M. Ast, en comparant l'homogénéité et la stabilité des voies d'un certain âge sur traverses en bois avec celles sur traverses métalliques, allait même jusqu'à conclure : « Avec les rails à patin, on ne » pourra obtenir une voie capable de durer longtemps et garan- » tissant des actions dynamiques uniformes des véhicules, qu'en » recourant à une traverse métallique construite dans toutes les » règles » (2).

Le Congrès de Londres de 1895 a confirmé les conclusions concernant les frais d'entretien des Congrès précédents de Bruxelles (1885), de Milan (1887), de Paris (1889) et de Saint-Pétersbourg (1892), en constatant que, *dans des conditions rationnelles d'emploi, les traverses métalliques peuvent donner lieu à une économie dans l'entretien de la voie.*

Une conclusion à peu près semblable, mais plus générale, a été arrêtée à l'Assemblée des Ingénieurs délégués de l'« Union des chemins de fer allemands (3) » : « Lorsque l'infrastucture est » bonne et lorsque le ballast est composé de bons matériaux, *la* » *voie sur traverses métalliques satisfait à toutes les exigences*, pourvu » que l'on fasse usage de traverses assez longues, pesant, pour la » voie normale, 58 à 75 *kg* et dont les attaches soient disposées » d'une manière appropriée. »

(1) *Bulletin du Congrès*, 1866, page 188.
(2) *Bulletin du Congrès*, 1892, page 2693.
(3) Cette « Union » comprend les chemins de fer allemands, autrichiens, roumains, polonais, hollandais et luxembourgeois.

Développement de l'emploi de traverses d'acier.

Aux *chemins de fer de l'État français*, à la suite des essais de 1887, l'emploi de traverses d'acier s'est étendu progressivement en raison des bons résultats obtenus. Il y a actuellement environ 350 000 pièces en service, et la dernière adjudication (du 4 août 1898) comprenait 150 000 traverses d'acier.

L'adjudication du 13 janvier 1899 pour le *chemin de fer du Soudan*, qui a eu lieu à Paris au Ministère des Colonies, comprenait environ 2 950 tonnes de traverses à 30,73 *kg* la pièce, soit 96 000 pièces.

Le *chemin de fer du Saint-Gothard* (Suisse) a limité l'emploi de traverses en bois aux alignements dans les longs tunnels (1) et le tableau suivant montre la proportion des traverses d'acier (genre Post) par rapport aux traverses en bois au 1er janvier 1899.

Le 1er janvier 1899 il y avait en œuvre, au chemin de fer du Saint-Gothard :	TRAVERSES D'ACIER		TRAVERSES EN BOIS		TRAVERSES D'ACIER ET TRAVERSES EN BOIS	
	Pièces	0/0	Pièces	0/0	Pièces	0/0
Dans les voies principales. .	400 000	70	170 000	30	570 000	100
Dans les voies de gare . . .	46 000	39	71 000	61	117 000	100
Dans toutes les voies.	446 000	65	241 000	35	687 000	100

Les autres chemins de fer suisses ont suivi l'exemple du Saint-Gothard et le développement des voies métalliques dans ce pays est d'autant plus convaincant pour leur supériorité au point de vue de l'entretien, que la Suisse n'a pas d'aciéries et qu'il n'y a là aucun intérêt industriel qui pousse à la consommation de l'acier.

Il y a dans le monde entier environ 1 million 1/2 de traverses Post en œuvre, d'écartements divers, notamment en Hollande, en Belgique, en Allemagne, en France, au Transvaal (République Sud-Africaine), à la République Argentine (écartement de 1,676 *m*), et à Sumatra où elles sont également appliquées à la voie à crémaillère *(fig. 13)*. Le tableau suivant renseigne sur les dimensions et le poids du type X pour les divers écartements.

(1) Voyez *Revue Technique*, 1898, page 150.

Poids de traverses Post, type X (à lumières forées).

ÉCARTEMENT EN ALIGNEMENT et dans la plupart des courbes (*)	LARGEUR DU PROFIL	LONGUEUR DE LA TRAVERSE	LAMINÉES A PROFIL		
			VARIABLE (*fig. 3*)	PLAT puis embouties (*fig. 5*)	CONSTANT (*fig. 3*) section BB
mm	*mm*	*mm*	*kg*	*kg*	*kg*
1 449	270 (**)	2 700 (**)	80	82	92
1 440	235	2 600	65	66,5	75
1 005	235	1 900	37	38	42,5
755	235	1 500	27	27,5	30,5
755	220	1 500	25	25,5	28,5

(*) Y compris 5 mm de surécartement en vue du jeu.
(**) Pour lignes à grande circulation, ajouter deux plaques d'usure en métal ou en feutre.

Aux *chemins de fer de l'État prussien*, la consommation de traverses d'acier va toujours en croissant; elle a augmenté de 44 000 *t*, en 1893, à 76 000 *t*, en 1898. Le nombre de tonnes de traverses d'acier consommé en 1893 n'était que 34 0/0 du poids des rails consommé la même année ; en 1898, cette proportion était de 48 0/0. Elle s'approche donc de la moitié et la fabrication de traverses d'acier constitue ainsi un apport considérable pour l'industrie *métallurgique* et *sidérurgique*. Le diagramme *(fig. 14)* montre la régularité de cette augmentation dans l'emploi des traverses d'acier, et ce qui prouve qu'on est très satisfait des résultats au point de vue de la voie, c'est que malgré la hausse actuelle sur les prix de l'acier, et quoique les aciéries allemandes soient surchargées de commandes pour longtemps, le chemin de fer de l'État prussien vient de commander des traverses d'acier pour trois ans, avec une majoration de prix de 9 0/0.

Le *chemin de l'État bavarois* vient également de commander (décembre 1898) 24 000 *t* de traverses d'acier.

Si quelques compagnies privées de chemins de fer paraissent se désintéresser de la question des voies métalliques et continuent à mettre en œuvre des traverses en bois, s'il y en a même qui ont interrompu leurs essais de traverses d'acier malgré les résultats favorables obtenus, cela tient surtout aux clauses de rachat des conventions conclues entre ces compagnies et leurs Gouvernements. Dans le rapport précité au Gouvernement des

États-Unis (1), M. E. E. Russel Fratman cite l'exemple des deux compagnies hollandaises : la « Compagnie des chemins de fer de l'État néerlandais » et la « Compagnie du chemin de fer hollandais ». Depuis les conventions de 1890, ces compagnies n'ont plus d'intérêt à perfectionner leurs voies sous le rapport de la durée. Les avantages de la transformation ne se faisant sentir qu'au bout d'un certain nombre d'années, il en résulte, au contraire, qu'en cas de rachat, c'est le propriétaire (l'État) qui en bénéficierait au lieu du fermier (la compagnie) qui en aurait supporté tous les frais.

Dans plusieurs autres pays, comme la Suisse et la France, il y a des compagnies qui, en matière de traverses, suivent la même tactique. Celles qui avaient des voies métalliques avant les conventions peuvent même s'en servir pour réduire temporairement les dépenses de renouvellement : les traverses métalliques retirées de la voie rapportent presque ce qu'il faut pour payer les nouvelles traverses en pin. On a donc là une véritable mine de fer.

Malgré tout cela, nous voyons les traverses d'acier se répandre de plus en plus et leur proportion, comparée aux traverses en bois, prise sur l'ensemble des chemins de fer du globe, augmente constamment. Si l'on écarte le Canada et les États-Unis — où l'on n'a fait que des essais timides de traverses métalliques et où les forêts sont encore abondantes — la longueur des voies entièrement métalliques du reste du globe approche de 20 0/0 de la longueur totale de ces voies.

La plupart des brevets se rapportant aux perfectionnements dans la fabrication des traverses métalliques et des attaches étant aujourd'hui tombés dans le domaine public, on peut envisager plus à l'aise cette question, ce qui en facilitera la solution.

Par ses études méthodiques et persévérantes, ainsi que par la publication de son rapport, M. Renson a rendu un service important, non seulement aux administrations de chemins de fer qui s'intéressent actuellement à la question des traverses métalliques, mais aussi aux administrations qui, par la force des choses, devront s'y intéresser tôt ou tard.

Pour tout pays ayant une industrie sidérurgique et métallurgique, la question des voies métalliques est intéressante aussi à un autre point de vue. Dans la fabrication de chaque tonne de

(1) Résumé dans la *Revue Technique*, de 1896, page 127.

traverses d'acier il entre, en effet, environ *deux journées et demie d'ouvrier* d'aciérie, sans compter le travail du haut fourneau, de la mine, du charbonnage, les moyens de transport, le travail nécessaire pour fabriquer les attaches, etc. Chaque tonne de traverses d'acier occasionne un *transport de 10 t de marchandises* diverses : minerai, calcaire, coke, charbon et traverses, auquel viennent s'ajouter encore les transports occasionnés par la fabrication des attaches.

Tous ces éléments viennent alimenter d'une façon importante la répartition de salaires et la circulation des marchandises. L'emploi de traverses d'acier tend donc à faire marcher de front les intérêts de la voie et des moyens de transport avec ceux de l'industrie nationale et de l'ouvrier.

CHRONIQUES

Nos 238 et 239.

Sommaire. — Le barrage le plus élevé du monde. — Les chaudières à vapeur. — Installations centrales de condensation *(suite et fin)*. — Progrès dans la navigation à vapeur. — La vie de la matière. — Production commerciale de l'air liquide *(suite et fin)*. — Réunion de la Société Suisse des Ingénieurs et Architectes. — La distribution de l'énergie électrique en Allemagne *(suite et fin)*.

Le barrage le plus élevé du monde. — Notre Collègue, M. L. Violette, a visité récemment les travaux d'aménagement de la South Platte Gorge pour l'alimentation d'eau de la ville de Denver, Colorado, et a bien voulu nous envoyer un numéro du journal *Denver Republican* contenant un compte rendu de ces remarquables travaux. Nous donnons ci-après un résumé de cet article.

La ville de Denver est certainement celle qui consomme le plus d'eau au monde; on parle d'une moyenne journalière de 30 millions de gallons, soit environ 120 000 m^3, chiffre qui s'élève parfois à 200 000 m^3; ces quantités correspondent à une consommation par tête d'habitant qui dépasse de beaucoup tout ce qu'on connaît dans cet ordre d'idées en Europe et en Amérique (1). Cette énorme dépense tient à la fois à la libéralité de la Compagnie des eaux qui permet l'emploi de l'eau pour tous les usages, arrosage des pelouses, des arbres; nuit et jour, etc., et aussi aux habitudes de la population, qui use et abuse de l'eau sans aucun scrupule. Ce n'est pas, d'ailleurs, sans résultats avantageux, car Denver est en été une véritable oasis de verdure au milieu d'une contrée presque aride.

Il y a d'autant plus de mérite à assurer à Denver cette alimentation si large que l'eau est assez difficile à se procurer; il n'y a à proximité ni lac ni cours d'eau un peu important. Jusqu'en 1897, on utilisait comme source d'alimentation le lac de Marston, réservoir artificiel situé à 16 *km* au sud-ouest de Denver; il a à peu près 800 *m* de longueur sur 500 *m* de largeur. La quantité d'eau ayant été trouvée insuffisante, on a surélevé les bords de 3,50 *m*, ce qui a porté la superficie à 2,5 km^2 et la contenance à 10 millions de mètres cubes, soit cinquante fois la consommation journalière maxima. Une seconde opération analogue a permis de porter la capacité totale à 20 millions de mètres cubes.

Mais en présence de besoins augmentant sans cesse, on a dû avoir recours à une autre solution dont l'origine est due au hasard. M. Charles P. Allen, depuis trente ans à la tête de la Compagnie des eaux de Denver, découvrit au cours d'une excursion de chasse une vallée très

(1) L'article ne donne pas la population de Denver. Elle doit sensiblement se rapprocher de 110 000 habitants, ce serait donc une consommation supérieure à 1 000 *l* par tête et par jour, allant même jusqu'à 1 800 *l*.

profonde située dans une partie absolument déserte à 80 *km* environ de Denver, à 450 *m* au-dessus du niveau de cette ville et à 2 000 *m* au-dessus du niveau de la mer. Cette vallée a plusieurs kilomètres de longueur sur une largeur très variable et présente la particularité de se terminer par une partie très rétrécie où on peut établir un barrage pour la fermer et la transformer en un énorme réservoir naturel, alimenté par les eaux de plusieurs cours d'eaux entre autres la South Platte et le Goose Creek. La capacité de ce réservoir est estimée à 133 millions de mètre cubes et pourra être doublée avec une dépense assez faible.

Le barrage qui doit fermer le débouché de la vallée aura 63 *m* de hauteur et pourra être élevé à 70 *m;* il s'appuie de chaque côté sur des murailles naturelles en granit de 150 *m* de hauteur.

Les dimensions en longueur sont très restreintes, ainsi la longueur à la base n'est que de 7,50 *m*, elle s'élève à 15 *m* au milieu de la hauteur, pour arriver à 152,50 *m* à la crête.

Le barrage est constitué du côté intérieur par une paroi en tôle d'acier de 9 *mm* d'épaisseur recouverte d'asphalte et rivée sur des fermes en acier verticales scellées à la base dans le roc, ayant toute la hauteur du barrage et renforcées par d'autres fermes horizontales également scellées à leurs extrémités dans le rocher. Derrière cette cloison se trouve la maçonnerie en béton et pierres sèches dont l'épaisseur est de 72 *m* à 30 *m* au-dessous de la crête, c'est-à-dire à moitié de la hauteur et de 180 *m* à la base.

Les prises d'eau se trouvent dans des tunnels pratiqués dans le rocher à diverses hauteurs. Ces prises sont au nombre de trois, l'une au pied, la seconde à 30 *m* du niveau supérieur, l'autre à 3 *m* au-dessous de ce niveau pour servir de décharge de trop-plein et prévenir les inondations. La seconde prise d'eau doit servir pour les irrigations et aussi pour produire une force motrice de plusieurs milliers de chevaux pour l'éclairage électrique de Denver.

Les travaux ont été commencés le 24 janvier de cette année et on espérait pouvoir commencer à emmagasiner l'eau à la fin de l'été.

On fait valoir comme un des avantages les plus importants de l'entreprise que, ce réservoir se trouvant situé dans une contrée absolument déserte, les risques de contamination de l'eau sont tout à fait nuls.

Voici les dimensions et données les plus intéressantes relatives à cet ouvrage réellement extraordinaire :

Hauteur totale du barrage, 64 *m;*

Longueur du barrage 7,60 *m* à la base et 152,50 *m* à la crête;

Épaisseur du barrage 73,20 *m* au niveau de 30 *m* et 183 *m* à la base;

Nombre de feuilles de tôle d'acier de 9 *mm* d'épaisseur, 1 130; dimensions de ces feuilles 3,05 × 1,525 *m:*

Nombre de boulons pour ancrer la partie métallique dans le rocher, 3,900;

Longueur des tunnels servant aux prises d'eau, 202,50 *m;*

Dimensions de ces tunnels 2.13 × 1.83 *m* pour la première partie et 2,44 × 2,75 *m* pour la seconde;

Poids des vannes de prise d'eau de 18 à 22 *t* chacune;

Longueur du réservoir 11 *km* sur la Platte Gorge et 4,8 *km* sur le Goose Creek ;

Largeur du réservoir de 61 à 800 *m* ;

Capacité du réservoir 133 millions de mètres cubes avec le niveau de 64 *m* et et 228 millions à celui de 70 *m* ;

Profondeur de l'eau, 61 *m* au barrage, 45 à 5 *km* de distance dans la South Platte et 15 *m* à la distance de 10 *km* ;

Coût total des travaux, 2 600 000 francs.

Les chaudières à vapeur. — M. F.-W. Dean, a lu récemment devant le « New England Railroad Club », un mémoire intitulé : Quelques idées sur la nature et le fonctionnement des chaudières dont nous trouvons un résumé dans le *Railroad Gazette*.

On considère qu'une chaudière fixe fait un travail considérable lorsqu'un mètre carré de surface de grille donne de 90 à 100 chevaux, ce qui revient à brûler de 125 à 150 *kg* de combustible par mètre carré et par heure. Mais on voit tous les jours des locomotives développer plus de 400 chevaux par mètre carré de grille et, par conséquent, brûler sur cette surface 500 *kg* et même, dans certains cas, le double de ce poids.

On est étonné de la facilité avec laquelle une tôle d'acier peut transmettre le calorique des gaz chauds à l'eau de la chaudière. L'auteur se trouverait amené à en conclure que les craintes que beaucoup de personnes manifestent relativement à l'emploi de tôles de forte épaisseur, sont sans fondement. On croit généralement, dans le monde des ingénieurs, qu'une tôle de 12,5 *mm* est la plus épaisse qu'il soit prudent d'employer pour une chaudière horizontale chauffée extérieurement ; mais, des considérations théoriques et quelques recherches expérimentales prouvent que c'est une simple supposition sans justification.

Il y a quelques années, l'épaisseur maxima était inférieure à 12,5 *mm*. Des tôles plus épaisses se comportent bien lorsqu'elles sont propres et, dans ce cas, transmettent la chaleur aussi bien que des tôles plus minces ayant leurs surfaces revêtues de dépôts. Dans la marine, on regardait autrefois 15 *mm* comme l'épaisseur maxima à donner aux foyers. En 1890, un mémoire a été lu devant la « Northeast Coast Institution of Engineers and Shipbuilders », que MM. W. Kilvington et Al. Taylor, mémoire dans lequel les auteurs maintenaient qu'on pouvait donner aux tôles de foyer des chaudières marines toute l'épaisseur nécessaire, appuyant leur dire sur l'existence, depuis huit années, de chaudières avec foyers de plus de 15 *mm* d'épaisseur et celle, depuis trois ou quatre années, de foyers de 18 *mm* supportant des pressions de vapeur de 11,2 *kg* sans donner aucun signe de faiblesse. Ils ajoutaient qu'ils n'hésiteraient pas à faire des foyers de 25 *mm* d'épaisseur, si c'était nécessaire.

Non seulement les considérations théoriques font voir que, dans le transfert du calorique du feu à l'eau de la chaudière, la transmission à travers le métal est la moindre des difficultés, la principale étant l'absorption du calorique par le métal, mais l'expérience confirme qu'il n'y a aucun inconvénient à employer de fortes épaisseurs à la mer où les difficultés sont plus grandes qu'à terre.

Si on applique ce raisonnement aux locomotives, on sera porté à ad-

mettre qu'il n'a pas de crainte à concevoir pour augmenter l'épaisseur des parois des boîtes à feu de ces machines, si cela doit être fait pour quelque raison.

L'auteur dira quelques mots de la production relative de la surface directe et de la surface tubulaire. On admet couramment que l'unité de surface de foyer a une production beaucoup plus considérable que l'unité de surface tubulaire. M. Dean a, depuis longtemps, émis l'idée que ces productions relatives n'avaient aucune importance, mais il n'avait jamais trouvé d'appréciations bien nettes sur ce point, jusqu'à l'apparition d'un ouvrage récent de M. Bryan Donkin, de Londres, ouvrage dans lequel est donnée l'explication suivante : « La cause de la différence entre la vaporisation des deux espèces de surface est due uniquement aux différences de température entre les gaz chauds et l'eau de la chaudière dans les deux cas. » Il est évident que, si les parois de la boîte à feu ont absorbé une partie du calorique pour le transmettre à l'eau, il en reste moins à absorber par les tubes et si, pour aller à l'extrême, on fait une chaudière n'ayant pas de surface de foyer, les tubes feront tout l'ouvrage et la vaporisation totale ne sera pas sensiblement modifiée, c'est ce que l'expérience a confirmé dans plusieurs circonstances.

M. Dean a eu occasion d'essayer une chaudière tubulaire verticale avec foyer en briques, n'ayant pas d'autre surface de chauffe directe que celle de la plaque tubulaire inférieure. Le rapport entre la surface de chauffe et la surface de grille était normal et les résultats comme production de vapeur ont été excellents.

Un point très important est l'élasticité de vaporisation des chaudières. L'auteur a essayé des chaudières à deux taux de production l'un double de l'autre et a obtenu le même résultat, c'est-à-dire, la même production de vapeur par unité de poids de combustible. Dans d'autres essais, il a trouvé un résultat meilleur avec une faible production et, dans d'autres encore, l'inverse, c'est-à-dire le meilleur rendement en poussant la chaudière. Parmi les résultats les plus favorables qu'il ait obtenus figurent ceux d'une locomotive compound brûlant en moyenne 350 *kg* de charbon par mètre carré de grille et par heure avec un train de marchandises rapide. Un échappement très doux suffisait pour entretenir la combustion sans entrainer dans la boîte à fumée autre chose qu'une poussière très fine.

On est conduit souvent à envisager la question des dimensions à donner aux boîtes à feu des locomotives. Le Chicago, Burlington and Quincy RR a décidé, il y a quelques années, de faire ses foyers assez grands pour pouvoir brûler de 500 à 625 *kg* par mètre carré de grille et par heure et on a trouvé, à l'époque, que c'était très raisonnable. C'est sur cette ligne que M. Dean a obtenu les résultats auxquels il a fait illusion.

Avec du combustible de bonne qualité et des trains dans des conditions usuelles, la production est en moyenne de 5 et 6 *kg* de vapeur par kilogramme de combustible tandis que, dans les chaudières fixes, on compte ordinairement 9 et par exception 10 et 11, la consommation pendant les arrêts n'étant pas comprise dans ce dernier cas. Une partie de la supériorité obtenue avec les chaudières fixes est due au réchauffage

de l'eau d'alimentation. La possibilité de chauffer l'eau d'alimentation avec la vapeur d'échappement des locomotives est une idée qui est venue à bien des ingénieurs et qui mérite d'être suivie jusqu'à réussite. Il ne faut qu'un sixième de la vapeur d'échappement pour porter l'eau d'alimentation de 10° C. à 93° C. et on économiserait par là 15 0/0 de combustible. Comme les locomotives des chemins de fer des États-Unis, brûlent à peu près le tiers de la production de combustible du pays, soit 50 millions de tonnes par an, cette économie représenterait un chiffre énorme en argent. Il est probable qu'il faudrait, dans ce cas, revenir à l'emploi de pompes alimentaires mues par la machine. En attendant cette solution, il serait intéressant d'utiliser l'échappement de la pompe à air des freins pour le réchauffage de l'alimentation, ce serait déjà une petite économie.

Installations centrales de condensation *(suite et fin)*. — On peut diviser comme suit les différentes espèces d'appareils appartenant à la catégorie dont nous nous occupons :

1° *Condenseurs clos*. — L'eau de refroidissement circule dans un système de tuyaux contenus dans une enveloppe cylindrique et la vapeur est en contact avec l'extérieur des tuyaux;

2° *Condenseurs à l'air libre*. — La vapeur d'échappement circule dans des tuyaux immergés dans une citerne contenant l'eau de refroidissement;

3° *Condenseurs à aspersion*. — L'air de refroidissement coule sur les surfaces à l'intérieur desquelles se trouve la vapeur à condenser, ces surfaces pouvant être des tubes, des plaques doubles, etc. La circulation de l'air et l'évaporation de l'eau agissant simultanément amènent une réduction notable de la quantité d'eau consommée;

4° *Condenseurs à évaporation*. — L'eau de refroidissement chauffée préalablement par la vapeur d'échappement est amenée en contact avec un courant d'air produit par un ventilateur, lequel courant d'air détermine une évaporation et un refroidissement considérables. Ce système parait avoir été inauguré vers 1888; il a été appliqué alors avec succès sous la forme due à Theisen, sur un moteur de 590 *ch*. On ne dépensait, parait-il, qu'un kilogramme d'eau de condensation par kilogramme de vapeur.

Le travail absorbé par le condenseur représentait 2,8 0/0 du travail développé par le moteur.

Les condenseurs à surface présentent plus d'élasticité que les condenseurs à mélange et les appareils à l'air libre sont surtout propres à un travail très variable, à cause de la grande masse d'eau de refroidissement qu'ils contiennent.

L'action des sels contenus dans l'eau est très importante surtout avec les condenseurs à surface, dont les surfaces peuvent s'encrasser très facilement avec de mauvaises eaux.

Le condenseur à surface clos de Balekc et C^ie^, de Bochum, comporte d'abord un séparateur d'huile que traverse la vapeur d'échappement avant de passer au condenseur. Celui-ci se compose d'une capacité close

en tôle contenant un faisceau tubulaire en laiton; des cloisons horizontales la divisent en parties dans lesquelles la vapeur circule quatre fois avant d'arriver à la pompe à air.

La circulation de l'eau de refroidissement est déterminée par une pompe qui la reçoit d'une tour réfrigérante à laquelle elle retourne ensuite.

Séparation de l'huile des eaux de refroidissement et de condensation. — Dans les condenseurs par mélange, l'huile de graissage se retrouve dans l'eau de condensation; si on veut se servir de nouveau de cette eau, on doit, pour ne pas avoir d'ennuis avec les dépôts graisseux, séparer l'huile. Cette nécessité se fait encore sentir davantage avec la condensation par surface où la totalité de l'eau doit retourner aux chaudières. L'eau grasse est encore plus dangereuse que les eaux chargées de sels.

On peut séparer les matières grasses : 1° de la vapeur d'échappement; 2° de l'eau de condensation. Les séparateurs consistent généralement en capacités métalliques contenant des tubes à ailettes sur lesquels la vapeur dépose l'huile dont elle se trouve imprégnée; cette huile coule et se rassemble à la partie inférieure d'où elle est extraite, mélangée avec de l'eau, par une petite pompe spéciale.

Pour séparer les matières grasses de l'eau de condensation, on introduit le mélange dans des réservoirs ou citernes où on le laisse reposer, la séparation se fait par la gravité. On peut combiner ces réservoirs avec des filtres à gravier ou à coke.

Conduite générale d'échappement. — Les décharges des divers moteurs doivent toutes se rassembler dans une conduite unique de dimensions appropriées dans laquelle la vapeur doit circuler à une vitesse d'environ 100 à 110 *m* par seconde.

Cette conduite doit être bien étanche et on doit éviter la présence de coudes. On doit s'attacher à réduire autant que possible la perte de charge dans cette conduite. On ne possède pas de données sur la valeur de cette perte de charge, mais il est certain que, dans les installations bien établies, elle est très réduite.

Le passage de la vapeur n'a pas lieu, dans cette conduite, d'une manière continue, mais par à-coups et, comme le condenseur a une capacité limitée, il en résulte des variations périodiques de la pression. Le calcul fait voir que si, à la fin de la course du piston, la pression dans le cylindre se trouve autant que possible égale à la pression moyenne du condenseur, le volume de celui-ci et de la conduite d'échappement doit être d'autant plus grand que la machine aura une moindre vitesse.

Ainsi, avec des machines d'extraction, des souffleries à marche lente, etc., on interpose souvent avec avantage sur la conduite des réservoirs pour régulariser et réduire la pression dans celle-ci.

On a supposé quelquefois que la vapeur d'échappement peut revaporiser l'eau condensée présente dans les conduites. Ce n'est pas possible et on doit employer toutes les précautions possibles pour expulser cette eau. On emploie à cet effet divers moyens d'une efficacité reconnue. Il est bon de munir la conduite d'échappement de dispositions propres à amener la décharge à l'air libre en cas d'avarie au condenseur.

La note dont nous nous occupons traite ici de la question de refroidissement de l'eau de condensation. Nous croyons devoir négliger cette partie renvoyant ce sujet à la Chronique de décembre 1898, page 561, où cette question a été déjà traitée en détail.

Voici, pour terminer, quelques détails sur des installations centrales de condensation de grande puissance.

D'abord une installation pour condensation par mélange de Sach et Kieselbach, à Rath, avec refroidissement de 1 500 m^3 d'eau par heure. L'échappement de plusieurs machines soufflantes et d'une station centrale d'électricité arrive, par une conduite unique, dans un condenseur de 2,20 *m* de diamètre et 10 *m* de longueur. Un jet d'eau y arrive provenant d'une tour de refroidissement. L'eau circule dans le condenseur en sens inverse de la vapeur et, aspirée par une pompe, elle est refoulée dans la tour réfrigérante.

L'air est enlevé par deux pompes à air. Les diverses pompes sont actionnées par une machine compound indépendante. Toute l'installation n'occupe qu'une superficie de 120 m^2.

Depuis le mois d'août 1898, on a établi une condensation centrale au puits n° 2, à Recklinghausen. Cette installation, établie par la fabrique de machines, précédemment Klein, Schanzlin et Becker, de Frankenthal, est combinée pour refroidir 650 m^3 d'eau par heure. Elle dessert la machine d'épuisement, celle d'extraction, le compresseur d'air, la machine des laveries et celle de l'éclairage électrique. Le système est celui du condenseur à l'air libre; il y a quatre faisceaux de tubes de laiton d'une surface collective de 750 m^2 immergés dans des citernes ouvertes. L'eau reste environ 13 minutes dans le condenseur. Une pompe à piston de 300 *mm* de diamètre et 200 *mm* de course la refoule dans un réservoir séparateur où elle abandonne une partie des matières grasses dont elle est chargée et le reste est retenu dans deux filtres à gravier de 80 m^2 de surface collective. L'eau sort à une température de 50 à 60° C et la perte n'est que de 2 à 5 0/0. L'eau de refroidissement contient beaucoup de sels, mais cela n'influe pas sur l'effet du condenseur. La superficie des citernes à l'air libre est de 640 m^2. Les appareils relatifs au fonctionnement du condenseur absorbent 49 *ch*.

Si on admet un rapport de 1 à 30 entre le poids de la vapeur d'échappement et celui de l'eau de refroidissement et une dépense de 10 *kg* de vapeur par cheval-heure, on trouve que les données ci-dessus correspondent à 21 667 *kg* de vapeur condensée par heure, à 2 167 *ch*, et à un travail de 2,26 0/0 pour le fonctionnement des appareils de condensation.

Un tableau que nous nous bornerons à résumer indique que si on compare deux périodes de marche, l'une avant, l'autre après l'installation de la condensation centrale, la consommation mensuelle de combustible est descendue de 1 983 à 1 681 *t*, ce qui représente une réduction de 8,13 à 5,68 0/0 pour le rapport du combustible brûlé au combustible extrait, d'où une réduction de la consommation de 30 0/0.

Progrès dans la navigation à vapeur. — Dans la réunion à Douvres, au mois de septembre dernier, de l'Association britannique,

le Président de la section de mécanique, sir William White, a, dans un discours d'adresse, présenté sous une forme très remarquable les immenses progrès réalisés dans la navigation par la vapeur.

Selon lui, ces progrès ont été marqués par les points caractéristiques suivants :

1° Accroissement dans les dimensions et les poids des navires, aussi bien que dans la puissance des machines et dans les vitesses obtenues.

2° Perfectionnements dans les machines coïncidant avec l'augmentation des pressions de fonctionnement, d'où, économie réalisée dans la dépense de combustible et diminution du poids des appareils de propulsion relativement à la puissance développée.

3° Amélioration dans la quantité des matériaux employés dans la construction, meilleures dispositions, d'où possibilité de faire les coques plus légères et susceptibles d'un port plus considérable.

4° Amélioration des formes conduisant à une réduction de la résistance et de la puissance motrice appliquée à la propulsion.

L'auteur justifie ces principes au moyen de quelques exemples répartis suivant plusieurs classes parmi lesquelles nous choisirons les deux suivantes :

Paquebots transatlantiques pour service de voyageurs. — Ce genre de service est caractérisé par ce fait que la distance du trajet est sensiblement invariable et par celui que, pour la plupart des paquebots rapides, la capacité de transport ne joue qu'un rôle à peu près insignifiant.

En 1840, le paquebot Cunard *Britannia*, en bois et à roues, avait une vitesse normale de 8 nœuds 1/2. La pression était de 12 livres, 0,85 *kg* aux chaudières. La coque avait 63,14 *m* de longueur, le déplacement était de 2000 *tx* et la puissance indiquée de 750 *ch*. La consommation par jour était de 40 *tx*, soit environ 2,25 *kg* par cheval indiqué et par heure. Le navire portait un gréement complet.

En 1871, le paquebot de la White Star Line, *Oceanic* (premier du nom), occupait une situation exceptionnelle. Il était en fer, à hélice, et avait une vitesse normale de 14 nœuds 1/2.

La pression aux chaudières était de 4,5 *kg* et les machines étaient du système compound. La longueur était de 128,10 *m*, le déplacement de 7200 *tx* et la puissance indiquée de 3000 *ch*. La consommation était de 65 *tx* par jour, ce qui représentait environ 0,91 *kg* par cheval indiqué et par heure. Le navire portait une voilure très importante.

En 1889, le paquebot de la même Compagnie *Teutonic* était à double hélice avec une voilure insignifiante. Il était en acier et avait une vitesse normale de 20 nœuds. La pression était de 12,75 *kg* et les machines étaient à triple expansion. Il avait 178,30 *m* de longueur et 16000 *tx* de déplacement. Les machines donnaient 17 000 *ch* indiqués avec une consommation de 300 *tx* de charbon par 24 heures représentant environ 0,75 *kg* par cheval indiqué et par heure.

En 1894, le paquebot Cunard *Campania* entre en ligne. Il était à double hélice, avec machine à triple expansion et pas de voilure du tout. Il avait 183 *m* de longueur et 20000 *tx* de déplacement, 28000 *ch* indiqués

correspondant à une vitesse de 22 nœuds et la consommation par jour s'élevait à environ 500 *tx*.

Le nouvel *Oceanic* de la White Star Line vient d'entrer en service. Il est encore plus grand que les précédents, ayant 208,90 *m* de longueur et plus de 25 000 *tx* de déplacement. Il ne parait pas qu'on se soit proposé de dépasser les vitesses réalisées actuellement et l'accroissement considérable de dimensions a pour objet d'augmenter la capacité de transport.

Les derniers paquebots transatlantiques des lignes allemandes sont également dignes d'être signalés. Le *Kaiser Wilhelm der Grosse* a obtenu des vitesses régulières de 22 nœuds 1/2, il a 7,55 *m* de plus de longueur que la *Campania*. Deux paquebots de dimensions encore supérieures sont en construction. Le *Deutschland* aura 201,30 *m* de longueur; avec une puissance de 33 000 *ch*, on espère obtenir une vitesse de 23 nœuds. L'autre navire aura 213,50 *m* de longueur, ses machines devront développer 36 000 *ch* et lui donner une vitesse de 23 nœuds 1/2. Tous ces paquebots ont des coques en acier et deux hélices. On remarquera que, pour gagner 3 nœuds, il faut ajouter environ 50 0/0 au déplacement et doubler la puissance et la consommation de combustible et accroitre proportionnellement la dépense d'établissement.

Soixante années d'efforts constants et de concurrence acharnée, relativement au matériel appliqué à la traversée de l'Atlantique, ont produit des résultats qui peuvent être caractérisés comme suit: la vitesse a passé de 8 nœuds 1/2 à 22 nœuds 1/2; la durée de la traversée a été réduite à 38 0/0 de ce qu'elle était en 1840. La longueur des navires a passé de 1 à plus de 3, la largeur de 1 à 2, le déplacement de 1 à 10. La puissance des machines a été portée de 1 à 40 et le poids par cheval indiqué a été ramené de 4 à 1. La consommation de combustible par cheval et par heure est actuellement le tiers de ce qu'elle était en 1840.

Pour propulser un poids de 2 000 *tx* à travers l'Atlantique, à la vitesse de 8 nœuds 1/2, on brûlait alors 590 *tx* de charbon; aujourd'hui on en brûle 3 000 pour transporter 20 000 *tx* à 22 nœuds. Avec les machines à basse pression et à balanciers à faible vitesse de rotation, chaque tonneau de poids de machines et chaudières donnait à peu près 2 *ch*; les machines modernes à deux hélices et haute pression, à rotation beaucoup plus rapide, donnent de 6 à 7 *ch* par tonneau de leur poids. Avec les consommations des anciennes machines, au lieu de 3000 *tx* de charbon par voyage, il faudrait en brûler 9 000 pour faire la traversée à la vitesse de 22 nœuds.

Si les appareils moteurs avaient le même poids par cheval que ceux d'il y a soixante ans, les machines des transatlantiques récents pèse-14 000 *tx*, de sorte que l'ensemble des machines et chaudières et de leur approvisionnement en combustible dépasserait en poids le déplacement total du *Campania*. Il est difficile de trouver une illustration plus frappante des relations étroites qui existent entre les perfectionnements apportés aux machines marines et le développement de la navigation à vapeur à grande vitesse.

Il est non moins exact que ce développement n'aurait pas pu être réalisé sans l'emploi de matériaux de qualité supérieure et de dispositions

perfectionnées dans la construction. Le bois, qui constituait dans sa plus grande partie la coque des anciens paquebots, imposait des limites aux dimensions, proportions, puissance, etc., limites qui opposaient une barrière absolue à tout progrès ultérieur. La substitution du fer d'abord et ensuite de l'acier a supprimé ces limites. La proportion du poids de la coque dans le déplacement total n'est pas beaucoup plus grand dans un paquebot transatlantique moderne que dans le *Britannia*, à coque en bois, de 1840, qui n'avait que le tiers de la longueur et le dixième du poids du navire actuel.

Il ne faut pas perdre de vue qu'à l'accroissement des dimensions sont venues s'ajouter des améliorations considérables dans les formes, d'où est résultée une économie très importante dans la puissance nécessaire à la propulsion, économie très distincte de celle qui tient à la grandeur seule et que Brunel prenait pour point de départ, il y a un demi-siècle, lorsqu'il construisait le *Great Britain* et le *Great Eastern*. L'importance d'une relation convenable entre la longueur des façons d'avant et d'arrière des navires et la vitesse qu'on se propose de leur assurer et la nécessité d'allonger les coques et de leur donner plus de finesse à mesure qu'on veut accroître les vitesses ont été signalées d'une manière très nette par Scott Russell et Froude. Les constructeurs de navires appliquent normalement, aujourd'hui, ces principes, autant, du moins, que les autres conditions le permettent ; car il ne faut jamais oublier que l'économie dans la dépense de travail pour la propulsion n'est qu'une des nombreuses conditions que soulève l'étude d'un projet de navire. La solidité de la coque, sa stabilité, les qualités de tenue à la mer, etc., réclament également l'attention et peuvent nécessiter des modifications dans les formes et les dimensions, aux dépens de la diminution de résistance et de l'économie dans la puissance absorbée par la propulsion.

(*A suivre.*)

La vie de la matière. — A la réunion de la Société helvétique des Sciences naturelles, qui a eu lieu à Neuchâtel, au commencement d'août dernier, M. Ch. Ed. Guillaume, physicien au Bureau international des poids et mesures à Paris, a donné une conférence pleine d'originalité sur la « vie de la matière ».

Au fond, l'abîme qui semblait séparer la matière brute de la matière vivante n'existe pas et, plus on pénètre dans la connaissance des phénomènes intermoléculaires, plus on y rencontre d'analogies avec ceux de la biologie. Qu'elle soit incorporée à un corps vivant ou non vivant, la molécule subit de multiples métamorphoses, des désagrégations plus ou moins rapides, des mouvements, etc. Les métamorphoses ordinairement très lentes de la matière non vivante sont toujours des adaptations aux conditions ambiantes, tout comme les transformations des organismes vivants proprement dits.

Le microscope, qui a ouvert des horizons si vastes sur le mécanisme des fermentations, par exemple, en permettant de le rattacher à l'action de micro-organismes déterminés, est en train de rendre de non moins grands services par son application à la matière inanimée.

La forme de cette dernière considérée à l'état solide n'est point invariable. Chacun sait que le verre se contracte avec le temps, que tous les

corps sollicités par une force extérieure se déforment, tel le laiton sous l'influence de la chaleur passant de l'état écroui à l'état recuit.

La physique moderne nous montre que le laiton écroui est composé de petits cristaux brisés, mélangés à une masse qu'ils pénètrent complètement. Dans le laiton recuit, au contraire, les cristaux sont reconstitués et séparés de la masse amorphe. Or, ces cristaux n'ont pu se former que par un mouvement des molécules à l'intérieur du métal, mouvement qui n'est certes plus de grandeur moléculaire, comme le mouvement calorifique, mais d'une amplitude beaucoup plus grande, atteignant des centièmes et même des dixièmes de millimètre.

Où, se demande M. Guillaume, s'arrête la mobilité des molécules dans un corps solide ? Elle est sans doute beaucoup plus grande qu'on ne le suppose et voici, à ce propos, une bien curieuse expérience due à sir Roberts Austen : ayant placé un disque d'or au fond d'un bain de plomb fondu, il constata après solidification qu'une partie de l'or avait pour ainsi dire émigré à la surface et se trouvait mêlée au plomb. L'expérience, répétée à plus basse température, à 250°, à 200° et à 100°, conduisit à des résultats analogues après un temps plus ou moins long.

Ainsi, à la température de 100°, un petit cylindre de plomb restant en contact avec un disque d'or pur pendant quarante et un jours contient de l'or dans toute sa masse. L'étonnement que suscite une telle expérience diminue lorsqu'on rapproche le résultat que nous venons de dire du fait anciennement connu de la pénétration du charbon (parfois jusqu'à une grande profondeur) dans l'acier lorsqu'on chauffe ce métal à son contact. Quand aux forces moléculaires, seules en jeu ici, on associe des forces extérieures, on obtient des effets plus intenses. M. Guillaume en cite un exemple des plus intéressants. Si l'on introduit dans un ballon de verre du mercure et de l'acide sulfurique, et que l'on plonge le ballon ainsi rempli dans un amalgame de sodium, en faisant passer un courant électrique de l'extérieur à l'intérieur, on constate au bout de peu de temps, soit à chaud, soit à froid (l'augmentation de la température favorise cependant le phénomène), que le sodium, grâce à l'électrolyse, traverse le verre et va se dissoudre dans le liquide qui remplit le ballon. Si le verre est à base de sodium, on peut le faire traverser par toute molécule plus petite, par du lithium, par exemple. Le sodium du verre s'en va le premier et, à mesure qu'il est remplacé par le lithium, on voit le verre prendre un aspect laiteux pendant que sa densité et sa consistance diminuent.

Dans les faits de ce genre, que les découvertes contemporaines multiplient tous les jours, M. Guillaume trouve la preuve de déplacements moléculaires se mesurant par millimètres et centimètres; c'est donc bien à tort qu'on met en opposition la matière prétendue inerte avec la matière animée. D'autre part, la matière brute se modifie par adaptation.

Quand on soumet un barreau d'acier à une traction suffisante pour amener sa rupture, il se forme d'abord un étranglement au point où le barreau rompra. Mais, si l'on cesse de tirer, aussitôt que l'étranglement est devenu apparent et que l'on ramène, par tournage, le barreau à un diamètre constant pour recommencer avec lui la même expérience, on sait que, dans ce second cas, la striction se produit toujours

en un point différent du premier, et toujours, aussi souvent qu'on répète l'expérience, l'étranglement se produit à un endroit nouveau. Il semble donc que là où, sous l'action de la traction, la section a commencé à devenir trop faible, le métal se soit « instinctivement » durci pour résister à la traction.

Dans les alliages d'acier et de nickel que M. Guillaume a si habilement étudiés, des faits analogues atteignent un degré d'intensité excessif dont l'analyse ne peut trouver place ici. Retenons seulement encore, de la remarquable conférence de M. Guillaume, cette particularité que, sous l'action d'un grand froid, les barres d'acier au nickel s'allongent de telle sorte que, lorsqu'on voit le fait pour la première fois, on reçoit l'impression que la matière inerte a été subitement vivifiée.

De leur côté, les corps phosphorescents fournissent, au point de vue de leurs adaptations aux circonstances extérieures, l'image d'une organisation sociale. M. Guillaume en cite un bel exemple emprunté à la photographie des couleurs par le procédé Becquerel. Le chlorure d'argent qui, frappé par la lumière rouge, devient rouge, puis vert sous l'influence de la lumière verte, ne fait, en somme, par là, que se défendre contre la lumière qui est son ennemie, puisqu'elle tend sans cesse à détruire sa molécule.

En terminant, M. Guillaume, après avoir indiqué les similitudes qui paraissent exister entre la matière brute et la matière vivante, a eu soin de rappeler quelques-uns des faits fondamentaux qui empêchent de les assimiler entièrement l'une à l'autre. Il serait imprudent de se laisser entraîner dans des généralités prématurées, car il est incontestable, d'autre part, et c'est ce qu'a su mettre en évidence M. Guillaume, que des parentés existent où *a priori* on ne les aurait pas soupçonnées, *(Journal de Genève.)*

Production commerciale de l'air liquide *(suite et fin)*. — L'air déjà refroidi, comme il a été expliqué précedemment, passe dans le serpentin extérieur et, comme celui-ci est en contact immédiat avec les tubes par lesquels l'air pénètre, celui-ci, quelle que soit d'ailleurs la différence des températures, perd une partie de son calorique en arrivant à la soupape d'expansion où il se dilate et subit une nouvelle chute de température.

Les refroidissements successifs accumulés amènent l'air à la température critique. Alors, une portion de cet air passant à travers la soupape d'expansion se liquéfiant, se dépose dans la petite chambre au-dessus du dernier réfrigérant. La partie qui n'est pas liquéfiée et qui est, cependant, à une très basse température, passe dans les tubes réfrigérants comme précédemment.

D'après ce qui a été dit, on voit qu'on opère toujours sur le même air. Cependant, il faut remplacer celui qui a été liquéfié. Ce supplément se prend en dehors et passe à travers l'appareil de purification et une soupape automatique convenablement disposée. Cet appareil de purification comporte un tube vertical aboutissant au-dessus du toit du bâtiment et descendant au bas d'un réservoir contenant de l'eau; il se divise en quatre branches dont l'air sort par des trous et traverse l'eau

pour passer ensuite dans un filtre à coke. Il est mis enfin en contact avec de l'eau pulvérisée qui achève l'épuration ; il peut alors être aspiré par les compresseurs.

Si nous revenons au *liquéfier*, on voit que l'air liquide sortant du dernier réfrigérant passe au réservoir situé au-dessous ; une partie commence à se vaporiser à cause de la température relativement élevée des parois de ce réservoir. Cette vaporisation produit une pression suffisante pour soulever le cône renversé dont il a été parlé, et permettre à l'air gazeux à très basse température de passer dans l'espace vide du dernier réfrigérant et de là dans le serpentin du *liquefier*.

En même temps, une partie de l'air refroidi passe dans l'autre serpentin. Bientôt les parois du dernier réfrigérant sont suffisamment refroidies et l'air reste à l'état liquide dans le récipient. Le poids du cône renversé est calculé de manière qu'il y ait une pression d'un demi-kilogramme environ par centimètre carré sur la surface du liquide ; c'est suffisant pour refouler ce liquide à travers le siphon.

Le réservoir est rempli partiellement d'air liquéfié ainsi que les serpentins du dernier réfrigérant, et l'espace qui entoure les tubes est constamment maintenu sous un vide très grand, de manière que toute portion d'air liquide ou gazeux qui s'échapperait par les bords du cône renversé serait instantanément aspiré ; ce fait contribue encore à abaisser la température et on a pu, par certaines indications, reconnaître que celle-ci peut arriver à se rapprocher très sensiblement du zéro absolu. Si on juge par les résultats obtenus dans le premier essai qui a été fait pour vérfier le fonctionnement des compresseurs, on peut espérer arriver, avec les appareils décrits ci-dessus, à obtenir de l'air sous forme solide.

Si on a suivi attentivement la description qui précède du procédé de liquéfaction de l'air, on reconnaitra que l'efficacité, c'est-à-dire la production d'air liquide pour une dépense donnée de travail, dépend essentiellement du degré de refroidissement, qui est obtenu par le passage de l'air à travers la section contractée de la soupape d'expansion, qui fait tomber la pression de 85 à 21 *kg*. La chute de température ainsi obtenue peut être calculée très exactement lorsque l'expansion se produit dans un cylindre clos contenant un piston qui s'y déplace. Mais, quand la détente se produit par le passage à travers un orifice et avec de l'air animé d'une énorme vitesse, le cas n'est plus le même ; il se produit un travail interne qui tend à relever la température et la solution ne peut être obtenue que par l'expérience directe. Toutefois, les essais préliminaires indiquent que la chute de température, dans les conditions réalisées avec l'appareil ci-dessus, est très supérieure à celle que donnaient les formules empiriques employées. Les essais définitifs qu'on fera dans le but de déterminer avec exactitude la production d'air liquéfié par unité de puissance seront suivies avec beaucoup d'intérêt.

Réunion de la Société Suisse des Ingénieurs et Architectes. — La Société Suisse des Ingénieurs et Architectes, qui tient son assemblée générale tous les deux ans, s'est réunie cette année du 23 au 25 septembre à Winterthur.

Notre Société, invitée à cette solennité, était représentée par M. H. Paur.

Secrétaire général de l'Association des Anciens Polytechniciens de Zurich, un de nos correspondants en Suisse. M. le Président Dumont qui avait espéré pouvoir y assister avait dû, à son grand regret, se faire excuser; il en a été de même de M. A. Mallet, également délégué par notre Société, retenu à Genève par une indisposition.

Le dimanche 24 a été tenue à l'Hôtel de Ville de Winterthur, magnifique construction élevée sur les plans du célèbre Semper, et sous la présidence de M. Geiser, Président de la Société Suisse des Ingénieurs et Architectes, la séance générale, à laquelle assistaient 273 Membres et un certain nombre d'invités. Elle a été ouverte par un discours de M. le Professeur A. Müller, Président du Comité local sur le développement industriel de Winterthur qui, comptant seulement 2 530 habitants en 1798, a aujourd'hui une population de près de 45 000.

Une partie de la séance a été consacrée aux travaux intérieurs de la Société, lecture de procès-verbaux, discussion de propositions, votation, etc., et la fin par plusieurs communications, dont la plus remarquable sur les travaux du tunnel du Simplon, par M. Brandt (1), un des entrepreneurs de ce grand ouvrage.

Après la séance a eu lieu le banquet, au Casino, et la soirée a été occupée par une réunion familière au même établissement.

Le lundi 25 a été consacré aux visites d'usines et de monuments; ces visites ont été faites par groupes, vu leur importance.

Nous citerons d'abord les établissements Sulzer frères. Cette célèbre fabrique de machines a été fondée en 1834 par les frères Salomon et Jacob Sulzer, dont le grand-père, Salomon Sulzer, était déjà fondeur de cloches à Winterthur en 1770. C'était au début une fonderie avec un petit atelier de mécanique occupant 12 ouvriers. En 1840 la fabrique installa son premier chauffage à vapeur, en 1848 elle construisit sa première chaudière, en 1854 sa première petite machine à vapeur, en 1866 sa première machine à vapeur à distribution par soupapes, en 1867 son premier bateau à vapeur. En 1877 elle commença la fabrication des machines frigorifiques système Linde et celle des perforatrices Brandt et, en 1881, elle créa une succursale à Ludwigshafen, dans le Palatinat rhénan.

La superficie réunie des établissements de Winterthur et de Ludwigshafen est de 121 000 m^2 dont 63 700 couverts. La force motrice totale est de 1 300 *ch*; la fonderie produit annuellement 12 000 *t* de moulages dont les deux tiers sont employés dans la fabrique.

Celle-ci a produit à ce jour 2 800 machines à distribution par soupapes d'une puissance collective de 405 000 *ch*, 1 350 machines à distribution par tiroirs de 37 000 *ch*, 4 400 chaudières, 3 000 chauffages à vapeur, 500 compresseurs, 25 bateaux à vapeur, 200 perforatrices et 120 appareils à faire le vide pour diverses industries.

L'Album de fête que la Société Suisse des Ingénieurs et Architectes a publié à l'occasion de sa réunion et dont M. Paur a bien voulu envoyer un exemplaire à notre Bibliothèque, album qui contient 83 splendides photogravures, donne des vues de la fabrique et de ses divers ateliers

(1) Nous avons le regret d'apprendre que M. Brandt a succombé le 29 novembre, à Brigue, aux suites d'une attaque d'apoplexie qu'il avait éprouvée deux jours auparavant dans le tunnel même. On sait que Louis Favre est mort dans des circonstances semblables au Gothard.

ainsi que des principaux ouvrages qui en sont sortis, par exemple les bateaux à vapeur *Schweiz*, du lac des Quatre-Cantons, et *Genève* du lac Léman, l'installation de moteurs à triple expansion de 1 500 *ch* de la filature de Leipzig-Lindenau, celle de 1 800 *ch* de la filature d'Orechovo, un compresseur Linde de 120 000 calories-heure, les machines de l'élévation d'eau de Mannheim, une perforatrice Brandt, etc.

La Fabrique Suisse de Machines et Locomotives, qui est à côté des ateliers Sulzer, a été fondée en 1871 ; elle occupe 88 900 m^2 de superficie et emploie 1 200 ouvriers. Au 30 juin dernier, elle avait produit 1 203 locomotives, dont 565 à voie normale, 215 à voie étroite, 293 locomotives de tramways et 126 locomotives à crémaillère. Elle envoie ses locomotives dans tous les pays du monde, même les plus éloignés, ainsi l'Amérique du Sud, le Japon, la Russie d'Asie, etc. En dehors des locomotives elle a construit 1 185 moteurs à gaz et à pétrole d'une force de 7 600 *ch*, 535 machines à vapeur fixes ou locomobiles de 12 300 *ch*, 331 chaudières de 8 750 m^2 de surface de chauffe, 109 chaudières de rechange pour locomotives, d'une surface collective de 11 300 m^2. Tous les types de locomotives construits par la Société sont représentés dans l'album dont nous avons parlé.

On a également visité les ateliers de la Société précédemment Jacob Rieter et C^ie^, fondée en 1789, et qui construisent des machines de filature, des turbines, régulateurs, dynamos, transmissions, et font des installations électriques complètes dont un certain nombre sont représentées dans l'Album, ainsi celles du chemin de fer de la Jungfrau, de Lauterbrunnen, de Montbovon, etc.

Dans la ville on a visité l'usine à gaz et divers monuments, tels que le musée, le technicum cantonal, la nouvelle église catholique, etc., et, en dehors de la ville, les anciens châteaux de Kiburg, de Hegi, Morsburg et Widen.

La distribution de l'énergie électrique en Allemagne, par M. E. Hubou. *(Suite.)*

Hambourg. — A Hambourg, la distribution de l'énergie électrique s'effectue en courants continus :

à 250-350 volts dans le voisinage des usines et pour charger les accumulateurs dans les stations centrales ;
à 300-350 volts pour les sous-stations placées près des stations centrales ;
à 600 volts — loin —
à 600 — pour le réseau de traction électrique.

Le service de traction électrique s'est développé au détriment des autres modes de traction. En 1897, sur un nombre total de 59 776 582 voyageurs, il y en a eu transportés :

57 463 491 par traction électrique ;
1 953 457 — à vapeur ;
359 634 — par chevaux.

Les voitures motrices ont fait un trajet total de 14 703 718 *km* et les voitures remorquées 6 377 802 *km*. Les frais de traction par voiture-kilomètre (non compris l'intérêt, l'amortissement et le conducteur) ont été

de 8,163 pfennigs : la dépense totale de 4 947 577 marks ; la recette brute de 7 365 111 marks et le dividende distribué de 8 0/0.

Au commencement de 1899 les lignes avaient 108,6 *km* de double voie, 401 voitures automotrices, 300 voitures remorquées et la puissance totale mise en jeu pour les tramways étaient de 3 000 kilowatts.

Le prix de vente de l'énergie électrique, qui était de 80 pfennings par kilowatt-heure pour la distribution de l'éclairage et de 25 pfennigs pour la force, a été abaissé, en 1896, respectivement à 60 et 20 pfennigs sans compter les rabais. La redevance à l'Etat a alors été abaissée de 20 à 15,5 0/0 sur les bénéfices. Il est résulté de cet abaissement un grand progrès dans l'augmentation du nombre des abonnés et de la consommation de l'énergie électrique, ainsi que le montre le tableau suivant :

	1896	1898
Nombre de lampes à incandescence	45 476	89 437
— à arc	1 464	2 096
Nombre de moteurs	192	623
Puissance en chevaux de ces moteurs	473	1 773
Puissance totale utilisée en kilowatts	3 069	6 585

L'énergie électrique est également utilisée dans le port de Hambourg pour l'éclairage et diverses applications mécaniques ; la Ville va prochainement établir à cet effet une usine spéciale.

Munich. — A Munich va être mise en exploitation une usine centrale à proximité de la ville. Elle enverra des courants triphasés à 5 000 volts à cinq sous-stations où ils seront transformés en courants continus et distribués. Des essais de traction ont donné d'excellents résultats : la recette par voiture-kilomètre a été de 54,296 pfennigs et la dépense totale de 39,34 pfennigs soit un bénéfice de 14,956 pfennigs.

Parmi les stations centrales à gaz, nous citerons celles à gaz pauvre établies par la maison Körting frères et celle à gaz riche de la ville de Dessau. Cette dernière comporte un moteur à gaz Otto de 135 *ch* attelé directement à une dynamo de 90 kilowatts à 115 volts et un moteur à gaz de 80 *ch* commandant par courroie une dynamo shunt de 45 kilowatts, enfin une batterie de 62 accumulateurs Tudor.

L'ouvrage de MM. Bos et Laffargue se complète par une vue d'ensemble comparative des principaux résultats d'exploitation.

Le prix d'établissement des stations par kilowatt est, sauf exception, proportionnel à la puissance mise en jeu : alors que la dépense à Kœnigsberg est de 1 392 marks par kilowatt pour 783 kilowatts elle est sensiblement la même à Berlin (1 352 marks) pour 17 611 kilowatts.

Au point de vue des dépenses, on remarque que la consommation la plus grande a été obtenue en général avec les charbons les plus faibles. Le prix de revient du kilowatt-heure varie de 5,27 et 8,32 pfennigs à 25 pfennigs. La différence des recettes et des dépenses par an jusqu'en 1897 a été au minimum de 3,8 pfennigs et au maximum de 22,9 pfennigs.

Le rendement annuel de la distribution ou rapport de l'énergie vendue dans l'année à l'énergie totale produite a varié, en 1897, selon les stations,

de 46 à 96 0/0. Le coefficient de charge ou rapport de la puissance utilisée à la puissance installée est au maximum de 60 0/0; le coefficient minimum est de 23,7 0/0.

Il aurait été intéressant de mettre en regard des résultats obtenus en Allemagne ceux des autres pays d'Europe : mais il n'a été possible de réunir que quelques chiffres de comparaison d'une exactitude toute relative. On constate en particulier qu'à Paris le nombre des appareils d'utilisation est de beaucoup plus élevé qu'à Berlin, mais que, cependant, la consommation d'énergie y est plus faible : cette différence provient certainement du prix de vente et cesserait sans doute si les concessions étaient prolongées suffisamment pour permettre un abaissement notable de ce prix de vente.

On constate encore qu'au point de vue de la traction électrique, l'Allemagne est également en avance considérable sur les autres contrées de l'Europe, ainsi que le démontre le tableau suivant dressé pour 1898-99.

Pays.	Longueur des lignes en kilomètres.	Puissance en kilowatts.	Nombre de voitures automotrices.
Allemagne	1 403	30 378	3 140
Angleterre	211	10 507	398
Autriche-Hongrie	113	3 604	291
Belgique	69	2 415	107
Espagne	105	2 450	144
France	487	18 718	759
Italie.	147	6 620	318
Suisse	200	6 665	325

En résumé, c'est en Allemagne que l'utilisation de l'énergie électrique tant pour l'éclairage que pour la force motrice et la traction est le plus répandue et coûte le moins cher. Il y a là pour notre pays un grand enseignement qui ne doit pas être perdu.

E. H.

COMPTES RENDUS

SOCIÉTÉ D'ENCOURAGEMENT POUR L'INDUSTRIE NATIONALE

Aout 1899.

Rapport de M. Huet sur **les Luxfer Prisms,** présentés par M. A. Good.

Ces appareils consistent en carreaux de vitrage d'une épaisseur de 9 à 13 *mm*, dont la surface extérieure est lisse tandis que la surface intérieure striée présente une série de prismes rectangulaires.

Ils peuvent être placés aux fenêtres d'une pièce dont le fond est obscur pour recueillir les rayons de lumière diffuse qui viennent inutilement frapper le parquet de cette pièce et les diriger, en les réfractant vers les parties qu'on veut éclairer, où bien on peut les disposer horizontalement ou sous un angle convenable pour éclairer des sous-sol en renvoyant la lumière par une double réfraction dans la direction voulue.

Ces appareils paraissent avoir reçu de nombreuses applications aux États-Unis et on s'occupe de les introduire en France où quelques installations ont déjà été faites avec succès, notamment à l'imprimerie Barthe, 51, rue Lepeletier, où l'emploi de ces appareils a produit une importante économie de gaz d'éclairage.

Rapport de M. Livache sur l'emploi de l'**appareil rotatoire à dessécher dans le vide** de MM. Donard et Boulet, **pour la dessiccation du sang.**

Cet appareil, qui a d'ailleurs été déjà décrit dans le *Bulletin de la Société d'Encouragement*, se compose d'un cylindre de 2,60 *m* de diamètre et à peu près autant de longueur, tournant sur son axe. L'intérieur est chauffé par un faisceau tubulaire parcouru par la vapeur. La matière à dessécher est mise dans le cylindre et les vapeurs émises sont enlevées par une pompe à faire le vide et condensées au moyen d'une injection d'eau froide.

Le sang coagulé est introduit dans l'appareil par charge de 3.600 *kg* environ. En six heures, charge et vidange comprises, l'appareil amène cette masse à l'état sec, ne contenant plus que 15 0/0 d'eau et titrant 12 à 13 0/0 d'azote. Il ne reste plus qu'à pulvériser ces produits pour les livrer à l'agriculture. Les résultats obtenus sont excellents.

Influence de la température sur les propriétés résistantes des métaux et en particulier du fer, par A. Ledebur; traduction de M. S. Jordan.

Dans cet important mémoire dont on doit savoir gré à notre éminent collègue et ancien président M. Jordan d'avoir facilité la connaissance

en France par sa traduction, l'auteur passe d'abord en revue les propriétés résistantes du fer malléable aux températures élevées en rappelant les anciennes expériences de Tremery et Poirier Saint-Brice en 1828, de l'Institut de Franklin après 1830, de Wertheim en 1848, de Fairbairn en 1850, etc., pour arriver aux essais récents de Kollmann dont il reproduit sous forme de tableaux les plus importants résultats. On trouve aussi les résultats des essais d'Howard faits aux Etats-Unis, résultats résumés sous forme graphique, et ceux du laboratoire royal de Charlottenbourg, faits de 1887 à 1890. On trouve dans ce premier chapitre des aperçus très intéressants sur la question de la fragilité au bleu du fer malléable, observée pour la première fois il y a une vingtaine d'années.

Le deuxième chapitre traite des propriétés résistantes de la fonte à haute température et de la résistance des piliers en fer exposés au feu. Sur le premier point on ne peut guère citer que les expériences d'Howard tandis que sur le second il en existe de nombreuses; on sait que les plus récentes ont été faites à Hambourg par une commission nommée par le Sénat de cette ville, à la suite de l'incendie d'un entrepôt (1).

Le troisième chapitre est relatif aux propriétés résistantes du fer malléable aux basses températures. Il existe un grand nombre d'expériences que l'auteur passe en revue en en résumant les principaux résultats au moyen de tableaux numériques et graphiques. Les plus importantes et les plus récentes de ces expériences sont celles qui ont été faites à Charlottenbourg et qui ont porté sur diverses espèces de fers et d'aciers.

Le quatrième chapitre s'occupe des métaux divers, cuivre, zinc, métal Delta.

Des conclusions résument le mémoire. On peut admettre d'une manière générale que, pour le fer malléable, la résistance diminue des plus basses températures expérimentées — 80° à 100°, qu'au delà de ce point, elle croit jusque vers 300° pour diminuer de plus en plus après. Mais il est à remarquer qu'aux températures où la résistance est la plus grande, le métal est cassant et sensible aux chocs. Le fer soudé et le fer fondu se comportent de façons assez concordantes. Quant à la fonte, elle augmente de fragilité aux basses températures, mais, quand on la chauffe, la résistance diminue moins, au moins jusqu'au rouge, que pour le fer malléable.

L'allure des autres métaux diffère essentiellement de celle du fer, en ce que leur résistance diminue sans interruption quand la température croit à partir de 0°. Les données manquent d'ailleurs sur la résistance de ces métaux aux basses températures et aussi sur celles de plus de 400° et il est à désirer qu'on entreprenne des recherches sur ces questions.

Variations temporaires et résiduelles des aciers au nickel réversibles. Note de M. Ch.-Ed. Guillaume. *(Comptes rendus de l'Académie des Sciences.)*

(1) Voir Chronique de mars 1896, page 363.

Changements d'état du fer et de l'acier. Note de M. H. Le Chatelier. *(Comptes rendus de l'Académie des Sciences.)*

Sur la dilatation du fer et des aciers aux températures élevées. Note de M. H. Le Chatelier. *(Comptes rendus de l'Académie des Sciences.)*

Sur les terres cuites noires. Note de M. H. Le Chatelier. *(Comptes rendus de l'Académie des Sciences.)*

On a fabriqué de tous temps des poteries noires dont la coloration est due à une imprégnation de carbone. En même temps que la pâte se colore en noir par la cuisson dans des atmosphères chargées de vapeurs goudronneuses, il se forme à la surface une couche mince et adhérente de graphite.

L'auteur a cherché s'il ne serait pas possible d'éviter ce dépôt qui est nuisible dans la fabrication des objets artistiques. Il a reconnu que le dépôt du carbone à l'intérieur de la pâte est intimement lié à la présence du fer dont l'oxyde a la propriété de faciliter la dissociation de l'oxyde de carbone et des carbures de fer, en abaissant la température à laquelle commence le dépôt de carbone.

Il a obtenu de bons résultats en faisant agir de l'acétylène sur des terres renfermant environ 2 0/0 d'oxyde de fer, l'action doit être prolongée pendant un quart d'heure et à une température rigoureusement déterminée entre 450 et 480°. Les objets sont ensuite cuits définitivement et leur dureté est comparable à celle de la porcelaine.

Notes de mécanique. — Nous signalerons parmi ces notes une description des machines à vapeur rapides de Dales et les expériences de Yarrow sur la durée des chaudières à tubes d'eau.

Septembre 1899.

L'Exposition des pêches maritimes à Bergen, par M. J. Pérard.

Cette question, qui a fait l'objet d'une conférence à la Société d'Encouragement, le 27 janvier 1899, a été traitée par l'auteur devant notre Société, dans la séance du 3 mars (Voir le mémoire page 436, *Bulletin* de Mars).

Notice historique et statistique sur la classe 37 de l'Exposition universelle de 1900.

Matériel et procédés des industries agricoles, par MM. A. Ronna et L. Lindet.

Un certain nombre d'industries se rattachant directement à l'agriculture ayant dû, vu leur importance considérable, en être détachées, dans la classification de l'Exposition, la notice se borne à passer en revue les suivantes : laiterie, beurrerie, fromagerie, distillerie, féculerie, huilerie, margarine, préparation des matières textiles et aviculture, au double point de vue de l'exposition centennale et de l'Exposition contemporaine.

Fragilité développée dans l'acier doux par le recuit, par J. E. Stead *(Iron and Steel Institute).*

De l'action des métalloïdes sur la fonte, par G. R. Johnson *(Iron and Steel Institute).*

Sur la diffusion des sulfures à travers l'acier, par E. D. Campbell *(Iron and Steel Institute).*

Diffusion dans le fer, par J. O. Arnold et A. M. William *(Iron and Steel Institute).*

Les auteurs ont étudié les conditions de diffusion dans le fer du carbone et des autres éléments qui l'accompagnent, soufre, phosphore, nickel, manganèse, etc. Ces corps seuls présentent une diffusion appréciable et surtout le carbone et le soufre. Au sujet de ce dernier, on constate un fait curieux et inexplicable. La diffusion du sulfure et surtout de l'oxysulfure de fer, à la température de 1 200°, à travers le fer, laisse le sulfure de fer fondu s'écouler au dehors sans retenir une quantité notable de soufre. On peut supposer que, la capacité où le sulfure a été placé dans l'expérience étant à fermeture étanche, les gaz qui peuvent se dégager produisent des pressions énormes, capables de faire passer le sulfure à travers le métal, comme l'eau à travers une éponge.

Vitesse de détonation de l'acétylène, par MM. Berthelot et Le Chatelier *(Comptes rendus de l'Académie des Sciences).*

On peut dire comme conclusion que la propagation de l'explosion dans un gaz endothermique, tel que l'acétylène, réduit par là en ses éléments, peut avoir lieu avec une vitesse de 1 000 à 1 600 *m* par seconde, en vertu des mêmes transformations thermodynamiques et chimiques qui provoquent la production de l'onde explosive; elle présente des caractères du plus haut intérêt pour les théories générales de la mécanique chimique.

Sur la solidification de l'hydrogène. Note de M. James Dewar *(Comptes rendus de l'Académie des Sciences).*

M. Dewar est arrivé à solidifier l'hydrogène liquide au cours d'une expérience où il s'était produit un léger suintement d'air dans l'appareil employé. Cet air se congelait sous forme de neige dans l'intérieur du récipient au point où il rencontrait la vapeur froide de l'hydrogène qui sortait. L'effet de ce léger suintement d'air sur l'hydrogène liquide, lorsque la pression fut réduite au-dessous de 60 *mm*, fut de le solidifier en une masse mousseuse ressemblant à de l'écume gelée. Le point d'ébullition est de 16,7° absolus pour une pression de 55 *mm*. Ces faits semblent à l'auteur devoir détruire l'hypothèse que l'hydrogène puisse être un métal.

Variation de volume des mortiers de ciment de Portland, résultant de la prise et de l'état hygrométrique. Note de M. Considère *(Comptes rendus de l'Académie des Sciences).*

Notes de mécanique.

On trouve dans ces notes une étude sur les chaudières des nouveaux croiseurs, par M. T. J. Marshall, la description de la scie à ruban de Fitzgerald, des machines à mouler de Wainford, Nehling et Muller, du casse-fonte Brown, des paliers de sûreté pour laminoirs de Kuhlewind et Eisengart et du moteur à gaz Westinghouse.

ANNALES DES PONTS ET CHAUSSÉES

2e trimestre de 1899.

Notice sur **la vie et les travaux** de M. Fenoux, Inspecteur des Ponts et Chaussées, par M. Considère, Ingénieur en chef des Ponts et Chaussées.

Mémoire sur **la construction du port de l'Oued Endja** (Algérie), par M. A. Daujon, Ingénieur des Ponts et Chaussées.

Ce pont fait passer la route de Constantine à Djidjelli par Mila au-dessus de l'Oued Endja au moyen de six travées métalliques solidaires de 312 *m* d'ouverture totale.

La rivière a une allure torrentielle; elle est à sec l'été et sujette en hiver et au printemps à des crues de faible durée, mais parfois très violentes. Le sol, a des profondeurs qui varient entre 6 et 12 *m* sous l'étiage, est constitué par un banc de calcaire schisteux compact. Les fondations des appuis, 5 piles et deux culées, ont été faites à l'air comprimé au moyen de caissons métalliques.

Le tablier est en fer, formé de deux poutres principales réunies à leur partie inférieure par des poutrelles sur lesquelles reposent des voûtes en briques portant une chaussée bétonnée.

Les poutres ont 5,36 *m* de hauteur et sont en treillis quadrillé et montants verticaux espacés de 5,60 *m*. Il y a des panneaux pleins à l'aplomb des appuis. La largeur du tablier est de 4.40 *m* d'axe en axe des poutres, dont 2,50 *m* pour la chaussée et 2 × 0,95 = 1,90 *m* pour les trottoirs.

Le montage a été fait sur la rive gauche et le tablier mis en place par lançage avec avancées successives.

La construction a été faite par la Société des Ponts et Travaux en fer. Le tablier métallique pèse 483 500 *kg*, ce qui donne 1 550 *kg* par mètre courant. Les voûtes en briques et la chaussée pèsent 2 400 *kg* également par mètre courant.

Note relative à **l'emploi des trucks transporteurs** sur le réseau à voie de 0,80 *m* des Ardennes, par M. Claise, Ingénieur des Ponts et Chaussées.

L'auteur, rappelant une note précédente (voir Comptes Rendus d'Août 1894, page 352), indique que depuis le mois d'août 1896 que ces

transporteurs fonctionnent sur la ligne du Tremblois à Rocroi, ils avaient transporté jusqu'au 1er octobre 1898, 2 985 wagons et 10 500 *t*.

La présente note a pour objet de faire connaître les modifications apportées aux trucks transporteurs depuis la rédaction de la note de 1894, la manière dont ces appareils se comportent dans les trains, leur résistance à la traction, les dispositions diverses relatives au fonctionnement et à l'exploitation, et les services rendus par ces appareils. Nous ne suivrons pas le mémoire dans ses détails, nous nous bornerons à indiquer que les modifications essentielles apportées à la disposition des trucks consistent dans l'établissement entre les deux trucks supportant un grand wagon d'une liaison rigide pouvant se prêter aux divers écartements d'essieux des véhicules à transporter et dans l'application du frein à vide. Quant à la résistance à la traction, quelques expériences au dynamomètre ont indiqué que la résistance des trucks chargés, pour des vitesses comprises entre 10 et 18 *km* à l'heure, pouvait être estimée en moyenne à 4 *kg* par tonne, contre 3 *kg* pour le matériel ordinaire.

Mémoire sur **la transformation du canal latéral à la Loire** entre Digoin et Maimbray, par M. Mazoyer, Ingénieur en chef des Ponts et Chaussées.

La transformation du canal latéral à la Loire entre Digoin et Maimbray a été opérée pour compléter l'approfondissement au mouillage de 2,20 *m* de la ligne de canaux, longue de 415 *km*, qui réunit la Seine à Moret et la Loire à Chalon. La section dont il s'agit avait été terminée en 1838, avec des écluses de 30,50 *m* × 5,20 *m* et un mouillage qu'on avait fini par élever à 1,60 *m*; les hauteurs sous les ponts étaient faibles et généralement inférieures au gabarit normal de 3,70 *m* des grands canaux français.

Le nouveau profil en travers comporte une largeur de 10 *m* à la profondeur de 2 *m*, ce qui correspond à 9,40 *m* de largeur au plafond. La section comportant trente-six biefs, on a réalisé le mouillage de 2,20 *m* : par exhaussement du plan d'eau de 0,60 *m* dans neuf biefs, par approfondissement du plafond de 0,60 *m* dans trois biefs et par exhaussement de 0,40 *m* combiné avec un approfondissement de 0,20 *m* dans les vingt-quatre autres biefs. Les trente-six écluses ont dû être allongées à 38,50 *m* en conservant leur largeur; on a allongé de même un certain nombre d'écluses d'embranchement. De plus, il a fallu transformer un certain nombre d'ouvrages sous la cuvette du canal et aussi au-dessus de celui-ci. Quelques-uns de ces ouvrages étaient importants et ont donné lieu à des travaux intéressants.

Les travaux de transformation ont occasionné une dépense totale de 8 600 000 *f* en nombres ronds, ce qui représente sensiblement 45 000 *f* par kilomètre, pour 190,4 *km*, dont 178 de ligne principale et 12,4 d'embranchements. C'est une dépense relativement faible, si on considère que le résultat obtenu a été de faire circuler des bateaux de 300 *t* là où il ne passait avant que des bateaux de 150 *t* de chargement maximum. Ces travaux ont duré neuf années, de 1890 à 1898. *(A suivre.)*

ANNALES DES MINES

7e livraison de 1899.

Les mines du Laurion dans l'antiquité, par M. L. de Launay, Ingénieur des Mines, Professeur à l'École supérieure des Mines.

Cette note est un résumé d'un mémoire sur les mines du Laurion pendant l'antiquité, publié en 1898 par M. Ardaillon; ancien membre de l'École française d'Athènes.

Ce mémoire, fruit d'une étude prolongée et poursuivie sur place, passe en revue successivement l'historique des exploitations et le régime légal, l'exploitation de la mine, les instruments, percement de puits et galeries, travaux de traçage, l'extraction, l'épuisement, le traitement métallurgique et enfin l'organisation du travail, la main-d'œuvre et les résultats commerciaux. On sait que les produits marchands du Laurion étaient l'argent, le plomb, le minium, la cadmie et le spodos; ce dernier était un oxyde d'antimoine qui servait, avec le précédent, à préparer des médicaments. Un fait digne de remarque est que les mines du Laurion faisaient d'Athènes le principal et presque unique marché du monde grec pour l'argent et le plomb, une sorte de Swansea et de Londres de l'antiquité, et cela dans un pays dont le sol n'eût pu suffire à nourrir ses habitants.

Analyse des eaux minérales françaises, exécutées au bureau d'essai de l'École nationale supérieure des Mines, par M. Ad. Carnot, Inspecteur général des Mines, membre de l'Institut.

Note sur **une cause apparente d'erreur** dans **le dosage du grisou par les limites d'inflammabilité**, par M. Lebreton, Ingénieur des Mines.

Le procédé si pratique de dosage du grisou par les limites d'inflammabilité suppose essentiellement que les limites d'inflammabilité du gaz réactif et du grisou sont constantes; or on constate souvent des différences qui paraissent inexplicables entre les limites d'inflammabilité d'un même gaz avec l'air pur, obtenues, soit au même moment, soit à peu de distance, par le même opérateur ou, plus fréquemment, par des opérateurs différents. Ces différences s'élèvent parfois à plusieurs millièmes. On peut se demander si ces variations dans la limite d'inflammabilité n'entachent pas d'erreur le procédé tout entier.

L'auteur a reconnu qu'il n'en est rien et que ces variations dépendent uniquement de l'inclinaison de la burette dans laquelle se fait l'inflammation et il a réuni dans des tableaux les résultats obtenus avec divers angles de la burette d'expérience avec la verticale. Ces tableaux peuvent servir à la correction des résultats.

La cause de la variation de la limite d'inflammabilité parait être la variation de la section et du périmètre de la tranche en combustion, variation amenée par le plus ou moins d'inclinaison de la burette. Mais il est probable que d'autres éléments entrent en jeu, pour l'appréciation desquels il faudrait des recherches très délicates.

SOCIÉTÉ DE L'INDUSTRIE MINÉRALE

Août et Septembre 1899.

Réunions de Saint Étienne.

Séance du 12 août 1899.

Communication de M. Leflaive, sur une **visite aux forges et aciéries de La Chaléassière.**

Les travaux de cette usine qui est dirigée, comme on sait, par nos Collègues MM. Biétrix et Nicolet, se divisent en deux grandes classes: le matériel de mines et le matériel de forges.

La note décrit un certain nombre d'appareils se rapportant à ces deux classes, tels que, pour la première, une pompe d'épuisement système Kaselowsky, devant élever 3 m^3 par minute à 470 m, hauteur devant être portée plus tard à 650 m; un appareil de refoulement d'eau sous forte pression, 190 kg et plus tard 275 kg par centimètre carré; la machine motrice développe une puissance de 400 ch pouvant être portée à 650 ch, puis une machine d'extraction élevant 3 000 kg à la vitesse de 15 m par seconde en développant 600 ch, marche à 8 kg de pression sans condensation, deux cylindres de 0,800 $\times$ 1,600 m, distribution système Marshall (1), des ventilateurs système Rateau, des compresseurs, cabestans et treuils, enfin des chaudières multitubulaires système Buttner et des presses à agglomérer.

Dans le matériel de forges, on trouve des ponts roulants, dont un de 100 t pour Saint-Chamond, d'une portée de 21,22 m, actionné par trois électromoteurs, des raboteuses à blindages, dont une de 3,02 m de largeur entre montants et 8 m de course, pesant 80 t; l'usine en construit une plus puissante encore qui aura 10 m de course et pèsera plus de 100 t; elle sera actionnée par un moteur électrique; des marteaux-pilons, des machines de laminoirs, dont une à deux cylindres de 1,100 $\times$ 1,400 m doit développer de 1 000 à 1 200 ch, des poches à acier de 20 et 25 t sur chariot roulant, avec moteur électrique. L'usine fait actuellement le projet d'une machine réversible à deux cylindres de 1,400 $\times$ 1,500 m pouvant, à 120 tours par minute, donner de 9 à 10 000 ch; la vitesse du piston atteindra 6 m par seconde, la machine pèsera 300 t. On peut citer encore des ventilateurs de navires avec leurs moteurs, des machines fixes, etc. La conférence est suivie de la visite des ateliers, dans lesquels on est d'ailleurs en train de faire des remaniements en vue d'une extension considérable.

Communication de M. Lapouche sur **des essais effectués sur un ventilateur hélicoïde Rateau.**

Il s'agit d'un ventilateur hélicoïde de 1,60 m de diamètre de turbine.

(1) Cette distribution du type radial, à laquelle on donne à tort le nom de Marshall, est tout simplement la distribution Solms, qui date de 1843 et que nous avons décrite en détail dans les Chroniques d'août 1886, page 235, et de septembre 1886, page 373.

cette dernière est constituée par un noyau sur lequel sont rapportées des ailettes de forme très simple découpées dans la surface d'un conoïde droit ayant pour axe l'axe même du ventilateur. Ce ventilateur est actionné par un moteur électrique avec transmission par courroie. On peut estimer que l'orifice équivalent de marche normale était de 1,40 m^2. Le ventilateur n'a pas de dimension dépassant 1,80 *m* et son poids total, poulie comprise, n'atteint pas 1 400 *kg* pour un débit maximum de 26 m^3 par seconde sous la pression de 20 *mm* d'eau.

Essais effectués sur un ventilateur centrifuge Rateau.

Ce ventilateur a 4 *m* de diamètre, c'est le plus grand modèle construit jusqu'ici, avec une puissance utile de 410 *ch*, on a obtenu un débit de 137 m^3 par seconde avec 234 *mm* de dépression en eau ; le rendement a été trouvé de 80 0/0. En sacrifiant un peu sur le rendement, on peut lui faire débiter 150 m^3 par seconde.

DISTRICT DU SUD-EST.

Séance du 18 juin 1899.

Communication de M. DESTIVAL sur **la nouvelle méthode d'exploitation de Trescol.**

Cette méthode, dont il nous serait bien difficile de donner une idée suffisamment intelligible sans le secours des nombreuses figures qui accompagnent la communication, est applicable dans les couches dont l'inclinaison ne dépasse pas 25 0/0 et dont l'épaisseur est comprise entre 1,50 *m* et 3 *m*. quelle que soit, d'ailleurs, la nature du toit. Elle augmente le rendement individuel, produit une certaine économie dans le matériel de la voie et le roulage des bennes et rend la surveillance plus facile, plus efficace et plus économique.

SOCIÉTÉ DES INGÉNIEURS ALLEMANDS

N° 38. — *23 septembre 1899.*

Machines et installations mécaniques aux États-Unis, par C. Rogenbogen.

Constance de l'efficacité d'un condenseur, par F. J. Weiss.

Écoulement des gaz et vapeurs sous des pressions décroissantes, par Weyrauch.

Machine à forer double, construite par la fabrique de machines d'Œrlikon.

Groupe de la Leuve. — Prescriptions du Gouvernement saxon sur la construction des chaudières avec eau dans les tubes.

Groupe de Westphalie. — Signaux électriques pour chemins de fer. — Le métal déployé.

Bibliographie. — Nouvelles découvertes dans les sciences physiques, leur utilisation dans la vie pratique, par L. Grunmach.

N° 39. — *30 septembre 1899.*

Application de l'électricité aux machines motrices, par R. M. Friese.

Une fabrique de machines modernes.

Écoulement des gaz et vapeurs sous des pressions décroissantes, par Weyrauch *(fin)*.

Groupe de Berg. — Une nouvelle disposition pour déterminer la circulation de l'eau dans les chaudières à grand volume d'eau. — Automobiles à moteur électrique. — Chaudières avec eau dans les tubes. — Emploi d'eau pulvérisée dans le chauffage.

Groupe de Franconie et du Haut-Palatinat. — L'industrie du salpêtre au Chili.

N° 40. — *7 octobre 1899.*

Atelier de chaudronnerie de la Société Alsacienne de constructions mécaniques à Grafenstaden.

Les turbines de l'installation de transport de force de Rheinfelden, par F. Präsil.

Les vibrations des coques de navires, leurs causes et les moyens proposés pour y remédier, par Berling *(suite)*.

Machine à percer et fraiser à commande électrique, construite par la fabrique de machines-outils de Dortmund, Wagner et C^ie^.

Groupe de Francfort. — L'industrie d'Aschaffenburg.

Groupe de Hambourg. — L'assainissement du cours inférieur de l'Elbe entre Hambourg et Blankenese.

Groupe de Cologne. — Emploi des moteurs électriques pour la petite industrie.

Groupe de la Haute-Silésie. — Règlements édictés par le Gouvernement saxon pour la construction des chaudières avec eau dans les tubes.

Groupe de Wurtemberg. — Fabrique de A. Stotz, à Stuttgard. — Nouvelles bases pour les expériences sur les chaudières et moteurs à vapeur. — Écoles de chauffeurs et examen des chauffeurs.

Bibliographie. — Les appareils de levage, par Ad. Ernst.

Revue. — Coup d'œil sur la marche des écoles techniques supérieures de l'empire d'Allemagne pendant le semestre d'hiver 898-99.

N° 41. — *14 octobre 1899.*

Appareils mécaniques pour la manutention et le magasinage des charbons et des minerais, par M. Buhle.

Remplacement des cheminées par un tirage mécanique, par R. Schenkel.

Vibrations des coques de navires, leurs causes et les moyens proposés pour y remédier, par Berling *(fin)*.

Groupe de la Rühr. — La superstructure des chemins de fer. — Emploi de la vapeur surchauffée.

Bibliographie. — Calcul et construction des transmissions, par K. Keller.

Revue. — Centenaire de l'École technique supérieure de Berlin-Charlottenbourg.

Correspondance. — Question de l'éducation des Ingénieurs. — Grue de 35 *t* à commande électrique.

N° 42. — *21 octobre 1899.*

Fête du Centenaire de l'Ecole technique supérieure de Berlin.

Stabilité des machines à vapeur verticales, par P. Straube.

Les machines agricoles aux 12e et 13e Expositions de la Société allemande d'agriculture, du 30 juin au 5 juillet 1898, à Dresde, et du 8 au 18 juin 1899, à Francfort-sur-le-Mein, par H. Grundke.

Expériences sur la résistance des meules, par M. Grübber.

Groupe de Berlin. — Chauffage des églises et en particulier de la cathédrale d'Ulm.

Bibliographie. — Marche rapide. — Augmentation d'une manière générale de la vitesse de fonctionnement des machines, par A. Riedler.

N° 43. — *28 octobre 1899.*

Usine municipale d'électricité à Ponig, par R. Rühlmann.

Nouvelle machine à triple expansion de 500 *ch* de l'usine d'électricité de Stockholm, par S. J. Ledin.

Machines agricoles aux 12e et 13e expositions de la Société Allemande d'agriculture, du 30 juin au 10 juillet 1899 à Drade et du 8 au 13 juin 1899 à Francfort-sur-le-Mein, par H. Grundke *(suite).*

Groupe de Franconie et du Haut-Palatinat. — L'Exposition universelle de 1900 à Paris.

Groupe de Mannheim. — Répartition des températures dans les pièces chauffées. — Installations et procédés de la fonderie moderne.

Correspondance. — Mesures contre les inconvénients de la fumée dans les villes.

N° 44. — *4 novembre 1899.*

Machine verticale de 3 000 *ch* pour commande de dynamo dans la station centrale de la Luisenstrasse des installations d'électricité de Berlin.

Appareils mécaniques pour la construction et le magasinage des charbons et des minerais, par M. Buhle *(suite).*

État de la question de l'alimentation d'eau en Bavière, par Kollmann.

Groupe d'Alsace-Lorraine. — Développement de l'industrie métallurgique en Lorraine.

Bibliographie. — Aperçu sur l'histoire de la construction des machines, par Th. Beck.

N° 45. — *11 novembre 1899.*

Appareils mécaniques pour la manutention et le magasinage des charbons et des minerais, par M. Buhle *(suite)*.

Le contrat de travail au point de vue du droit municipal, par A. Wiernsgowski.

Machines agricoles aux 12me et 13me expositions de la Société Allemande d'agriculture du 30 juin au 5 juillet 1898 à Dresde et du 8 au 13 juin 1899 à Francfort-sur-le-Mein, par H. Grundke *(fin)*.

Question : Existe-t-il pour la pierre un rapport entre les efforts et les allongements? par C. Bach.

Groupe de Breslau. — Un système normal pour les mèches spirales et les fraises. — Le gaz à l'eau.

Correspondance. — Expériences sur la résistance des meules.

N° 46. — *18 novembre 1899.*

Traction électrique par crémaillère, par O. Lasche.

Service des usines métallurgiques, par C. Schnabel *(suite)*.

Emploi des tableaux logarithmiques pour le calcul du travail dans les machines à vapeur, par A. S. Oesterreicher.

Groupe de Chemnitz. — Le papier. — Économie de 25 0/0 sur le combustible.

Groupe de Hanovre. — Nouveaux progrès dans la question de la fabrication du carbure de calcium et de l'acétylène. — Ascenseurs pour personnes et marchandises. — Fabrication du verre. — Compte rendu de l'exercice 1897 au point de vue de la prévention des accidents.

Bibliographie. — Manuel du marin, par Dick et Kretschmer.

Correspondance. — Machines et installations mécaniques aux États-Unis.

INFORMATIONS TECHNIQUES [1]

Ire SECTION

Travaux publics, Chemins de fer, Navigation, etc.

1. — **Travaux d'amélioration du pont de Huy.** — Le pont de Huy, sur la Meuse, a été construit de 1294 à 1303 et reconstruit de 1680 à 1685 ; en 1693 on en fit sauter une partie à l'approche des troupes françaises et on dut le reconstruire encore une fois en 1715 en utilisant les anciennes piles; une partie dut être encore refaite pour remplacer des arches détruites par la mine pendant les guerres de la Révolution.

En résumé le pont de Huy se composait de sept arches reposant sur six piles, et son débouché superficiel, limité au niveau de la flottaison normale, mesurait 140 m^2.

Cet ouvrage faisait le désespoir des bateliers et était réputé avec raison comme le passage le plus difficile et le plus dangereux de la Meuse.

Divers projets furent présentés pour faire disparaitre ou atténuer les inconvénients que présentait ce pont, et on en adopta un prévoyant simplement la suppression de la première pile de gauche et la substitution d'une arche marinière en anse de panier de 26 m d'ouverture aux deux arches extrêmes de cette rive; on devait de plus augmenter le débouché superficiel par l'enlèvement des pierres et matériaux de démolition qui encombraient le lit de la rivière entre les supports.

L'exécution de la culée nouvelle a présenté quelques difficultés par suite de la présence d'anciennes maçonneries qui rendaient impossible le battage de pieux et on a dû remplir en béton le contenu de ces maçonneries.

Pour prévenir des accidents aux environs des naissances, de la clef et des joints de rupture, accidents rendus possibles par des mouvements du sous-sol, on a employé à ces endroits des joints armés au moyen de lames de plomb de 20 mm d'épaisseur.

Les travaux de modification du pont ont dû être achevés dans le courant de cet été.

La dépense s'élèvera très probablement à une somme de 270 000 f, à laquelle il faut ajouter 35 000 f au maximum pour le dégagement du lit de la rivière. (*Annales des Travaux publics de Belgique*, août 1899, article illustré.)

2. — **Pont en ciment armé.** — Un intéressant exemple de construction en ciment armé est celui d'un pont-canal récemment exécuté dans la commune d'Onigo di Piave, province de Trévise, pour faire

[1] Cette partie est faite avec la collaboration de MM. P. Jannettaz et G. Courtois, Secrétaires.

passer le canal de Brentella dérivé de la Piave sur le torrent Curogna.

Le lit a une largeur de 24 *m* et il s'agissait de remplacer par un ouvrage à une seule arche de 19 *m* d'ouverture un pont à trois arches en pierre de taille qui s'était écroulé dans la nuit du 22 juin 1898 par suite d'une crue extraordinairement violente du torrent.

La flèche de la voûte qui repose sur les anciennes culées est de 2.75 *m* sa largeur entre les faces extérieures est de 11,20 *m*, l'épaisseur de la voûte à la clef de 0,60 *m* et aux naissances de 0,90 *m*. La hauteur de l'eau dans le canal est de 1,70 *m* avec un franc bord de 0,30 *m*.

La voûte a été posée dans les journées des 11 et 12 novembre 1899 avec un travail continu jour et nuit de trente heures. Après le décintrement, opéré au bout d'un mois, l'essai a été fait avec une charge de 2 300 *kg* par mètre carré le 22 décembre. Des observations très minutieuses ont permis de constater un abaissement de 11 *mm* à la clef au décintrement. mais, à l'essai sous charge, on n'a pas observé la moindre déformation.

Dans la voûte ont été disposés des fers ronds selon les génératrices de cette voûte et dans les bajoyers de la cuvette des fers à T, et enfin des armatures formées d'un treillis métallique pour assurer la continuité du fond de la cuvette.

Il a été employé dans le travail 2 960 *q* de ciment Portland provenant de la fabrique de chaux et ciments de Casale-Monferrat. Pour donner aux parements extérieurs l'aspect de la pierre de taille, on a employé le ciment *grappier* provenant de la maison Pesenti frères de Alzano Maggiore. Le travail, exécuté par la maison Giovanni Odorico, de Milan, a coûté 39 800 *f*.

(*Annali della Societa degli Ingegneri et degli Architetti Italiani*, 1er février 1899, page 42.)

3. — **Tunnel du Simplon.** — Voici le bulletin des travaux du tunnel du simplon pour le mois d'octobre 1889.

Galerie d'avancement.	Côté nord.	Côté sud.	Total.
	Brique.	Iselle.	
Fin septembre 1899. . . .	1 837 *m*	1 133 *m*	2 970 *m*
Progrès mensuel	188	149	337
Total fin octobre	2 025	1 282	3 307

Les travaux hors du tunnel ont occupé par jour en moyenne 929 ouvriers, dans le tunnel 1 693, total 2 622.

Du côté nord, la galerie d'avancement a traversé le schiste calcaire. Le progrès moyen de la perforation mécanique a été de 6,07 *m* par jour. Dès le 26, l'eau dérivée du Rhône parcourt la galerie du Massaboden dans toute sa longueur. Du côté sud, la galerie d'avancement a traversé le gneiss d'Antigorio plus micacé, mais sec, et le progrès de la perforation mécanique a été de 4,81 *m* en moyenne par jour (*Journal de Genève*, 8 novembre 1899).

4. **Soulèvement d'une toiture.** — Une opération hardie et couronnée d'un succès complet a été faite à Milan dans le but d'exhausser d'un étage un bâtiment industriel. Ce bâtiment comportait, à chaque

étage, une salle unique de $40 \times 14{,}80$ *m*, soit 592 m^2. La couverture était en tuiles posées sur voliges avec charpente métallique.

Par raison d'économie et pour ne pas laisser les locaux à découvert, au lieu de démonter la toiture, on a préféré la soulever d'une seule pièce au moyen de vérins agissant sur des sablières portant les extrémités des fermes de la charpente. Le poids total à soulever était de 68 300 *kg*, ce qui donne environ 115 *kg* par mètre carré de projection horizontale de la toiture ; on a employé 28 vérins de 50 000 *kg* de puissance chacun. La hauteur de soulèvement a été de 5,80 *m*. (*Il Politecnico*, septembre 1899, page 583.)

5. — **Valeur des terrains à Londres et à New-York.** — Les terrains ont une valeur énorme dans la Cité, à Londres. Ainsi, on cite un emplacement qui porte les numéros 90, 91 et 92 dans Fleet Street et dont la contenance est de 205 m^2, lequel a été dernièrement loué pour construire moyennant une rente annuelle de 44 200 *f*, soit 215 *f* le mètre carré. Quelque élevés que soient ces prix, ils sont encore dépassés par ceux de New-York.

En 1893, un lot de terrain de $6{,}85 \times 19{,}70$ *m*, soit 135 m^2 de superficie, situé à l'angle de Broadway et de Pine Street, à New-York, a été vendu de suite pour 400 000 dollars, soit environ 2 080 000 *f*, ce qui fait plus de 15 000 *f* le mètre carré. Un hectare de terrain, à ce taux, vaudrait 150 millions de francs. A la même époque, un autre lot, à l'angle de Nassau Street et de Pine Street, de $11{,}30 \times 24{,}40$ *m*, soit 275,70 m^2 de superficie, s'est vendu 3 750 000 *f*, soit 13 600 *f* le mètre carré. Enfin, en 1894, l'American Surety Company, de New-York, a payé 7 millions et demi de francs un emplacement de $25{,}9 \times 25{,}9$ *m*, soit 671 m^2 de superficie, ce qui fait 11 200 *f* le mètre carré. Avec la capitalisation à 3 1/2 0/0, le terrain de Fleet Street, à Londres, ne vaudrait que 6 140 *f* le mètre carré. (*Engineering News*, 24 aout 1899, page 124.)

6. — **La nouvelle gare des marchandises de Zurich.** — Cette gare contient une remarquable disposition de quais de chargement et de déchargement des marchandises. Les voies pénétrant dans l'intérieur de la gare sont au nombre de six. Des deux voies extérieures partent obliquement des voies de faible longueur, 36 *m*, parallèles entre elles, permettant de remiser quatre wagons sur chacune d'elles et desservies par des quais dont l'ensemble forme une ligne en dents de scie parallèle à la direction des grandes voies.

Grâce à cette disposition, chacune des petites voies est absolument indépendante des autres. La manutention des wagons remisés sur quelques-unes d'elles n'empêche nullement le mouvement des trains sur la voie principale.

Les différentes manœuvres sont donc rendues incomparablement plus faciles et plus rapides qu'avec le système généralement adopté des quais longitudinaux desservant une voie unique.

Cette disposition avait déjà été employée, entre autres à Cologne et à Munich. A Zurich, les six voies principales sont prolongées jusqu'au fond de la gare, qui est une gare terminus, de sorte que tout le travail

de manutention est complètement à l'abri des intempéries. Il existe à l'arrivée onze quais de chargement et quatre au départ, chacun ayant 36 *m* de longueur. De plus on a prévu le cas où le nombre des quais au départ devrait être augmenté. A chaque quai correspond une surface couverte de 1 000 m^2, ce qui donne en tout 15 000 m^2 pour l'ensemble de la gare. Sept grues tournantes à l'arrivée et trois au départ permettent le transbordement facile des marchandises.

Les six grandes voies sont reliées à l'extrémité de la gare par un chariot transbordeur. C'est également à cet endroit que se trouve, perpendiculairement aux voies, le bâtiment terminant la gare et contenant tous les services de réception et d'expédition. (*Centralblatt der Bauverwaltung*, n° 56.) G. C.

7. — **Les nouvelles installations de chemins de fer à Hambourg et Altona** (*suite*). — Le projet d'ensemble dont l'exécution va commencer comprend les parties suivantes :

1° Construction d'une gare principale à Altona en remplacement de l'ancienne devenue notoirement insuffisante. Cette gare servira à l'expédition du trafic de la ligne métropolitaine de la ligne de banlieue et des grandes lignes dans les directions de Blankenese, Berlin et Brême, et de celle de Kiel.

Elle sera, comme l'ancienne, une gare terminus, et sera construite à environ 400 *m* plus au nord que la gare actuelle.

Elle aura les mêmes dispositions générales que la gare de Francfort, où les voyageurs peuvent arriver à tous les quais sans avoir de marches à monter. Les deux entrées seront situées sur la façade principale, donnant dans un hall carré de 27 *m* de côté, tandis que les deux sorties se trouveront sur les façades latérales, dans le prolongement du quai de tête desservant les huit voies.

En plus de cette gare, il a été décidé la construction, à Altona, d'une gare d'exploitation pour l'arrivée des trains des directions de Berlin et de Brême et d'une autre plus petite pour le trafic du métropolitain et de la ligne de banlieue.

2° Suppression de tous les passages à niveau et, pour cela, remaniement complet et agrandissement de la ligne de jonction, dont le nombre des voies sera porté de deux à quatre, deux de ces voies servant au métropolitain et à la banlieue, les deux autres au trafic des grandes lignes et des marchandises. Les gares de cette ligne seront reconstruites ou agrandies.

3° Prolongation de la voie double de la ligne de jonction depuis la gare de Hambourg jusqu'à celle de Hasselbrook (ligne de Lübeck) avec deux stations intermédiaires (Berliner-Thor et Landwehr) et établissement à la station d'Hasselbrook d'une gare d'exploitation pour le service du Métropolitain.

4° Établissement d'une gare principale à voyageurs à Hambourg (gare du Steinthor).

Cette gare, située au point de jonction des lignes de Berlin et de Brême, occupera, avec sa gare d'exploitation, une longueur d'environ 1 500 *m*. Ce ne sera pas, comme à Altona, une gare terminus. Sur une partie de

sa longueur (jusqu'à Altmann Strasse), les voies seront établies en contre-bas des rues qui, considérablement élargies, seront continuées par des ponts sur toute la largeur de la gare. A partir d'Altmann Strasse, les voies se bifurquent dans les directions de Berlin et de Brême et gagnent le niveau nécessaire à leur passage au-dessus des rues.

Cette gare ne servira que pour le trafic du métropolitain de la banlieue et des grandes lignes.

Le service de la grande vitesse qui n'aurait pu trouver place dans cette gare, si importante qu'elle doive être, sera assuré à la gare de Venlo, qui sera transformée dans ce but.

5° L'établissement d'une nouvelle gare d'exploitation, en communication avec la gare principale des voyageurs, sur la rampe de la gare de Berlin actuelle, pour recevoir les trains à vide et les machines des lignes du Nord et de celle de Lübeck.

6° L'établissement de nouvelles lignes d'accès à la gare principale pour les directions de Brême, Berlin et Lübeck, en évitant les passages à niveau et la construction de nouvelles stations à Oberhafen, Elbbrücke, Veddel et Wilhelmsburg par la ligne de Brême et à Ankelmanns-Platz, Billhorner-Deich et Tiefstack sur la ligne de Berlin.

7° L'agrandissement des deux gares de triage de Rothenburgsort et et Wilhelmsburg et la construction d'une nouvelle gare de triage à Langenfeld (ligne de Kiel à Altona).

8° La construction de plusieurs gares locales à marchandises sur la rampe de l'ancienne gare de Berlin et près de la gare de triage de Rothenburgsort et la reconstruction et l'élargissement de la gare à marchandises d'Altona.

9° L'établissement d'une ligne à deux voies exclusivement réservée au service des marchandises entre la gare de triage de Wilhelmsburg, la gare de Venlo et la gare principale, ainsi qu'une autre entre la gare de Venlo et la gare de triage de Rothenburgsort qui, de ce fait, communiquera directement avec la gare principale. La première de ces lignes nécessitera la construction d'un nouveau pont sur l'Elbe.

10° L'établissement de communications indépendantes entre les gares de triage de Rothenburgsort et de Langenfeld, d'une part, et les gares locales de marchandises qui en dépendent, d'autre part.

11° L'établissement d'une gare de triage pour la ligne de Lübeck, à côté de celle de la ligne de Berlin (gare de Rothenburgsort) et création d'une ligne à voie unique reliant cette nouvelle gare de triage à la ligne de Lübeck qu'elle rejoindra à la station de Wandsbeck.

12° Enfin, le remaniement des gares de banlieue situées à Friedrichsruh, Elmshorn, Blankenese, Harburg et Büchen.

En dehors de toutes ces installations pour lesquelles les crédits ont été votés et qui vont commencer incessamment, il en est d'autres qui sont réservées pour l'avenir.

C'est d'abord la continuation, au nord de Hambourg, de la ligne métropolitaine jusqu'au cimetière central d'Ohlsdorf.

Puis ce sera l'établissement à deux voies de la ligne de jonction à voie unique mentionnée au § 11, et la prolongation de cette ligne qui, passant au-dessus de Hambourg et d'Altona, viendra rejoindre la gare de

triage de Langenfeld, et évitera ainsi le passage des marchandises sur la ligne métropolitaine.

Enfin, ce sera l'établissement de deux voies nouvelles pour le service de banlieue de la ligne de Berlin.

On voit, par cette description, l'importance considérable des travaux qui vont être entrepris.

La dépense totale, en y comprenant la somme de 20 375 000 *f*, votée en 1889-90 et déjà utilisée, sera de 80 660 000 *f*, sans compter les frais de construction de la gare de triage de la ligne de Lübeck qui incomberont à cette Compagnie, ceux de reconstruction de la Poste de l'Empire et les frais de travaux de viabilité de la ville de Hambourg se montant à 6 075 000 *f*.

Ces travaux seront commencés avant la fin de l'année et leur durée est estimée à environ cinq ans (*Centralblatt der Bauverwaltung*, nos 55 et 57). G. C.

IIe SECTION

Mécanique et ses applications. Locomotives, Machines à vapeur, etc.

8. — **Machine verticale de 3000 chevaux.** — La station centrale de la « Luisenstrasse » des installations électriques de Berlin comporte trois machines de 3 000 *ch* chacune. Ces machines, fournies par la maison Sulzer frères, de Winterthur, sont à triple expansion et ont chacune quatre cylindres. Les deux cylindres à basse pression, de 1,550 *m* de diamètre, sont placés l'un à côté de l'autre, avec leurs axes distants de 2,65 *m* et actionnant chacun une manivelle de l'arbre moteur; ces deux manivelles étant calées à 90° l'une de l'autre. Le cylindre intermédiaire, qui a 1,250 *m*, et le cylindre à haute pression, qui a 0,865 *m* de diamètre, sont placés respectivement sur chacun des deux premiers cylindres avec tiges communes. Les cylindres superposés ont leurs fonds et couvercles écartés de 1,20 *m*, de sorte qu'on peut sortir sans difficulté les pistons des cylindres inférieurs pour visiter et changer les segments. Trois colonnes en fer, fixées aux parois des cylindres à basse pression, supportent les cylindres supérieurs. La course de tous les pistons est de 1,300 *m*.

Une forte plaque de fondation porte les coussinets de l'arbre qui a 0,44 *m* de diamètre au corps et des portées de 440 × 920 *m*. Cet arbre est en deux parties réunies par des brides boulonnées. Les cylindres à basse pression sont portés, d'un côté, par un bâti formant glissière, et, de l'autre, par des colonnes en fer. Les pompes à air verticales sont mues à l'aide d'un balancier, par les tiges des pistons à basse pression.

Les cylindres ont des enveloppes de vapeur, sauf le cylindre à haute pression, l'emploi de la vapeur surchauffée ayant été prévu. La distribution se fait à tous les cylindres par des soupapes à quadruple siège, à déclic commandée par des arbres horizontaux actionnés par un arbre vertical portant le régulateur et mû lui-même par l'arbre moteur au

moyen de roues à dentures hélicoïdales. Les soupapes sont placées dans les fonds et couvercles des cylindres. L'arbre porte à chaque extrémité un volant de 6 *m* de diamètre et est attelé directement à un de ses bouts avec une dynamo.

La machine fait normalement 85 tours par minute, ce qui correspond à une vitesse de piston de 3,70 *m* par seconde.

Avec de la vapeur à 12 *kg* les diverses introductions ci-dessous produisent les puissances indiquées suivantes :

11	18	25	35	50 0/0
1 740	2 270	2 800	3 330	3 860 *ch*

On peut se rendre compte des dimensions de ces belles machines par le fait que le plateau des cylindres supérieurs est à 10,80 *m* au-dessus de l'axe de l'arbre et à 11,10 *m* au-dessus du sol. (*Zeitschrift des Vereines Deutscher Ingenieure*, 4 novembre 1899, article illustré.)

9. — **La plus lourde locomotive à voyageurs.** — Les journaux américains donnent comme le type le plus lourd de locomotives à voyageurs construit jusqu'ici un modèle exécuté à 11 exemplaires pour le Lake Shore and Michigan Southern R. R., par les ateliers de Brooke, à Dunkirk, N. Y. sur les plans de M. W. H. Marshall, chef de traction de la ligne ci-dessus.

Ces machines sont du type à 10 roues, avec 3 essieux accouplés et un bogie à l'avant, soit la disposition générale CMC$\overline{\text{PP}}$. Voici les dimensions principales :

Surface de la grille	3,12 m^2
— directe	20,74
— tubulaire (intérieure)	250,54
— totale	271,28
Dimensions des cylindres	508 × 711 m^2
Diamètre des roues	2 033
Écartement des essieux parallèles	5 031
— — extrêmes	8 335
Hauteur de l'axe de la chaudière au-dessus du rail	2,795
Pression à la chaudière	15 *kg*
Poids total en service	77 500
Poids adhérent	60 850
Volume d'eau du tender	19 000
Poids de combustible	8 500
Poids du tender chargé	50 500
Poids total machine et tender	128 000

On remarquera le diamètre considérable des roues pour un type à 3 essieux accouplés (1). La charge des essieux moteurs ressort à 20 300 *kg* par essieu. La chaudière d'une surface de chauffe tout à fait extraordinaire a 1,677 *m* de diamètre intérieur minima; elle contient

(1) Les plus grands diamètre de roues pour machines de ce genre étaient jusqu'ici aux États-Unis de 6 pieds 6 pouces, soit 1,982 *m*.

345 tubes en fer ou bois de 50,8 *mm* de diamètre extérieur et 4,581 *m* de longueur entre plaques. Les chaudières doivent brûler du charbon bitumineux (*Engineering News*, 9 novembre 1899, page 298).

10. — **Locomotives sur les chemins de fer anglais.** — Voici les nombres de locomotives existant à la fin de juin 1899 sur les vingt principaux réseaux de chemins de fer de l'Angleterre, du Pays de Galles et de l'Irlande.

Belfast and Northern Counties, 73; Great Central, 781; Great Eastern, 1 008; Great Northern of Ireland, 145; Great Southern and Western of Ireland, 192; Great Western, 1909; Lancashire and Yorkshire, 1 281; London, Brighton and South Coast, 465; London and North-Western, 2 436; London and South Western, 708; London, Tilbury and Southend, 50; Metropolitan, 80; Metropolitan District, 54; Midland, 2 385; Midland, Grest Western of Ireland, 127; North-Eastern, 2 015; North Staffordshire, 87; South-Eastern (y compris le London, Chatham and Dover), 669 et le Taff Vale, 198, ce qui donne un total de 15 824 locomotives. Ces vingt lignes possédaient au 31 décembre 1898 un total de 15 602 machines ce qui donne un accroissement de 222. Il faut noter aussi que le Great Central Railway a loué 109 locomotives de la Société dite Railway Rolling Stock Trust (*Engineering*, 8 septembre 1899, page 307).

11. — **Contrôleur de portières de wagons.** — On a essayé récemment sur un train du Metropolitan District Railway un système par lequel le conducteur d'un train de chemin de fer contrôle de son fourgon l'ouverture et la fermeture des portières de tout le train. Ce système a, paraît-il, été appliqué déjà avec succès en Australie et est connu sons le nom de contrôleur de portières de Fraser; il est actionné par l'air comprimé au moyen de cylindres placés sous les voitures lesquels par des mécanismes faciles à concevoir ouvrent et ferment les portières. Un point important est que le mouvement de fermeture est si doux qu'un voyageur eût-il les doigts dans l'ouverture, il ne saurait en résulter de mal pour lui. Le système peut être actionné par l'air comprimé du frein ou par le vide également du frein ou enfin par une canalisation spéciale (*Engineer*, 18 août 1899, page 167).

12. — **Navires à roues récents.** — Si la construction des navires à roues a considérablement diminué, elle n'a pas entièrement disparu, comme on est tenté parfois de le croire. Voici quelques exemples de navires de ce genre récemment construits.

MM. Laird frères, de Birkenhead, viennent de livrer au service de la Manche des South-Eastern et London, Chatham and Dover, un paquebot à roues nommé *Mabel Grace*. Ce navire a 91, 50 *m* de longueur, 11 *m* de largeur et 4,75 *m* de creux, son tonnage est de 1 920 *tx;* les machines développent 5 500 *ch* et la vitesse aux essais au mille mesuré de Skelmorlie à l'entrée de la Chyde a atteint 20,23 nœuds.

L'appareil moteur comporte trois cylindres inclinés et six chaudières à retour de flamme placées quatre en avant et deux en arrière des ma-

chines; ces chaudières fournissent la vapeur à 12,5 *kg* par centimètre carré.

L'année dernière les mêmes constructeurs ont fourni pour le même service le paquebot à roues *Princess of Wales*, de 81,50 *m* de longueur, 9,70 *m* de largeur et 4,45 *m* de creux, jaugeant 1 3 6 *tx*, avec des machines développant 4 000 *ch* indiqués; la vitesse obtenue a été de 19 nœuds.

D'autre part, la société bien connue, London and Glasgow Engineering and Shipbuilding Company (anciens ateliers John Elder), vient de mettre à l'eau de ses chantiers de Govan, le 2 octobre dernier, le premier de deux remorqueurs à roues commandés par l'Amirauté anglaise. Ces bateaux ont 43,50 *m* de longueur, 8,20 de largeur et déplacent 700 *tx*.

Les machines doivent développer 1 250 *ch* indiqués. Les navires seront munis de tous les appareils les plus puissants et les plus perfectionnés pour le remorquage. Ils ont un faible tirant d'eau et pourront, grâce à cette qualité, rendre de grands services dans des cas spéciaux de sauvetage. Celui qui vient d'être mis à l'eau porte le nom de *Advice*.

13. — **Éclaireur automobile.** — On a pu voir à la récente exposition de l'Automobile Club, à Richmond, un véhicule que son inventeur, M. F. R. Simms appelle *motor scout*, ce qui se traduit bien en français par la désignation d'éclaireur automobile. C'est un quadricycle portant à l'avant un canon Maxim n° 4 qui traverse un écran en tôle d'acier destiné à protéger le tireur. Le moteur à pétrole a la force de 1,5 *ch*. La provision de combustible suffit pour un parcours de 200 *km* environ et, avec un récipient additionnel, ce parcours pourrait être doublé. Comme munitions, l'appareil peut porter un millier de cartouches que le tireur peut atteindre sans descendre de son siège.

L'éclaireur automobile peut jouer un rôle militaire intéressant pour appuyer de l'infanterie ou de la cavalerie dans un pays où il y a des routes praticables; il n'a pour objet de remplacer ni l'une ni l'autre.

M. Simons a également étudié un type de véhicule militaire beaucoup plus lourd qu'il appelle « motor car de guerre » et qui porte deux canons Maxim à tir rapide, placés sur deux tourelles en miniature avec un bouclier de protection pour chaque canon. L'ensemble du véhicule est également protégé par un blindage. Des miroirs sont disposés pour que le personnel puisse gouverner le véhicule sans être exposé au feu de l'ennemi. La machine porte un projecteur puissant actionné par une dynamo mue par le moteur principal qui consiste en une machine à 4 cylindres de 16 *ch*. Le courant peut être utilisé aussi pour donner de violentes secousses aux personnes qui tenteraient de s'approcher de la voiture pour s'en emparer.

Un troisième modèle de l'inventeur est une voiture d'inspection de chemins de fer pour usage militaire. Il ressemble beaucoup au précédent sauf que les roues sont munies de boudins (*The Autocar*, 20 août 1899, page 761).

III^e SECTION

Travaux géologiques, Mines et Métallurgie, Sondages, etc.

14. — Production minérale du Canada. — D'après les rapports officiels, la production minérale du Canada a dépassé considérablement en 1898 celle de l'année précédente. Sur un chiffre total de 108 millions de francs pour les produits métalliques, 69 sont représentés par l'or, sur lesquels 50 millions proviennent du Yukon. La valeur de l'argent extrait a été seulement de 13 millions de francs. Les autres métaux donnent : le cuivre (métal, minerais, etc.), 10,7 millions ; nickel, 9 millions ; plomb, 6 millions, et minerais de fer, 750 000 *f*.

Quant aux substances non métalliques, les chiffres sont : total, 79,4 millions de francs, dont un peu plus de la moitié, 41 millions, sont fournis par le charbon ; matériaux de construction, savoir : briques, pierres à bâtir, chaux, sable, gravier, etc., 18 millions ; pétrole, 5 millions ; amiante, 2,4 millions, et ciment Portland, 18 millions. On peut estimer à 1 250 000 *f* la valeur des autres produits minéraux non dénommés, de sorte que la production minérale totale du Canada s'élève pour 1898 à 188,6 millions de francs avec une différence en plus de 45 millions sur l'année précédente. Il y a augmentation sur tous les points, sauf sur le plomb, l'argent et l'amiante *(Journal of the Society of Arts)*.

15. — Machines d'extraction. — L'énorme développement de l'exploitation des minerais de cuivre dans le nord du Michigan a conduit à l'emploi des machines d'extraction de grande puissance, les profondeurs étant considérables et les charges devant être élevées très rapidement.

L'*American Machinist* décrit une belle machine de ce genre récemment montée à la mine de Tamarack par la Nordberg Manufacturing Company, de Milwaukee. Cette machine comporte quatre cylindres inclinés attelés vis à vis deux par deux sur deux manivelles ; ces cylindres ont $0{,}90 \times 1{,}83$ *m*. Les parties de l'arbre ont 0,610 *m* de diamètre et 1,05 *m* de longueur. Le tambour a 7,50 *m* de diamètre et 7,40 *m* de longueur, il porte des rainures en spirale pour recevoir un câble rond de 37 *mm* de diamètre. Ces spirales n'existent qu'aux extrémités du tambour et la partie intermédiaire est lisse.

Le poids total du tambour et de son arbre est de 136 000 *kg* et celui de la machine, 500 000 *kg*. La profondeur d'extraction est de 1 800 *m*. La charge à élever se compose : d'abord des 1 800 *m* de câble de 37 *mm* de diamètre, ce qui représente 9 875 *kg*, puis de la cage pesant 1 900 *kg*, de deux berlines pesant 1 800 *kg* et enfin de la charge de minerai qui représente 5 500 *kg* ; total, 19 075 *kg* suspendus à un seul câble. Il est vrai que la cage descendante vient en déduction de ce poids. La vitesse d'ascension est de 20 *m* par seconde.

Les machines ont des distributeurs Corliss avec un changement de marche d'un système particulier qu'on ne saurait faire comprendre sans le secours de dessins (*Engineering*, 22 septembre 1899, page 361).

16. — **Puits de mines en Belgique.** — Voici la liste des puits les plus profonds qui existent actuellement en Belgique :

Produits n° 18 (Mons).	1 144 *m*
Marcinelle n° 11 (Charleroi).	1 075
Sacré Madame (Charleroi).	1 055
Marchienne n° 1 (Charleroi).	1 052
Marchienne n° 2 (Charleroi).	1 065
Agrappe n° 10 (Mons).	1 060

On n'a pris que les puits ayant plus de 1 000 *m* de profondeur. (*Iron and Cool Trades Review*, 29 septembre 1899, page 569.)

17. — **Bocard à vapeur à action directe.** — Les bocards, employés en métallurgie pour broyer les minerais, sont généralement mus par des cames qui les soulèvent et les laissent retomber par leur poids. Dans le système Wood, le bocard a son pilon relevé et renvoyé par la pression directe de la vapeur sur un piston, comme dans un marteau-pilon, auquel l'appareil ressemble dans une certaine mesure.

Le piston a environ 0,14 *m* de diamètre et la tige 78 *mm* ; la vapeur arrive et sort au moyen d'un tiroir cylindrique mû par un levier coudé actionné par la tige du piston. La vapeur est à 4,5 à 5 *kg* de pression ; l'appareil donne 200 coups par minute. Le poids total est de 1 800 *kg*.

A la mine Mammoth, dans l'Arizona, un de ces appareils a broyé en trois cent quarante-deux heures 12 *t* de minerai de très grande dureté en poudre assez fine. Il eût fallu trois bocards ordinaires pour faire ce travail. Avec des minerais aurifères de dureté moyenne, on peut broyer de 8 à 15 *t* par jour. (*Engineering News*, 10 août 1899, page 91, article illustré.)

18. — **Laminage de gros tubes sans soudure.** — Le journal *Iron Age* appelle l'attention sur un produit qui présente un grand intérêt et qui paraît avoir un grand avenir. Il s'agit de tubes laminés sans soudure dont le diamètre intérieur va jusqu'à 20 pouces (0,508 *m*) et l'épaisseur 5/8 de pouce soit 15 *mm* environ. Le maximum de longueur qu'on peut donner actuellement, à cause des dimensions du four à réchauffer, est de 72 pouces (1,83 *m*). Ces tubes ont été faits à titre d'essai à un atelier d'expériences installé à South Bethlehem pour fabriquer des tuyaux d'acier de gros diamètre au moyen de lingots creux. Les essais ont parfaitement réussi et on peut croire qu'il y a là le germe d'une grande et féconde industrie.

19. — **Une industrie du temps passé.** — Parmi les nombreuses industries qui emploient le fer et l'acier, il en existe une qui a survécu au temps passé et qui présente un certain intérêt. Il s'agit de la fabrication des cottes de mailles dans une usine de Walsall, en Angleterre. MM. J. W. Hawkins et C^ie^, qui fournissent au Gouvernement des éperons, étriers, boucles de harnais, chaines, etc., font également des cottes de mailles très demandées, dans les Indes principalement et dans l'Amérique du Sud et l'Amérique Centrale. Ces cottes de mailles, qui pèsent de 7 à 8 *kg*, sont portées par des officiers de l'armée et par

les princes indigènes dans l'Inde; elles sont faites d'anneaux d'acier de 9 à 10 *mm* de diamètre. Il faut trois mille anneaux pour faire un pied carré. Ces anneaux sont formés de fils d'acier doux nos 14, 15 et 16 de la jauge anglaise. On les enroule autour de mandrins de 0,10 *m* de longueur et du diamètre à donner à l'anneau, chaque mandrin recevant environ 1,80 *m* de fil; on les coupe ensuite avec une scie à main. On trempe ces mailles en les chauffant au rouge et en les immergeant ensuite dans l'huile, puis on les polit dans des tambours tournants. (*Journal of the Franklin Institute*, novembre 1899, page 398.)

20. — **Épuisement dans les mines au moyen de chaînes à godets.** — A la houillère Auguste, dans le district de Halle (Allemagne), on emploie une chaîne à godets pour élever une quantité d'eau assez faible d'un niveau à un autre situé à 3,50 *m* plus haut. Voici comment les choses sont disposées. Un arbre horizontal, qui est actionné par un câble sans fin, porte une poulie sur laquelle passe la chaîne qui porte les godets, laquelle passe en bas sur une autre poulie. Il y a dix-sept godets. A la vitesse normale de 0,80 *m* par seconde, le volume d'eau élevé est de 11 m^3 par heure. La machine coûte 500 *f* et la dépense d'entretien est de 1,25 *f* par semaine. Avec des pompes à bras, on dépensait plus de 4 *f* par jour. On voit que l'économie est très notable. (*Zeitschrift für das Berg Hutten und Salinenwesen.*)

21. — **Les nouveaux procédés de traitement des minerais de zinc.** — Les conditions d'infériorité où est encore la métallurgie du zinc, qui laisse perdre une si grande quantité de métal (10 à 25 0/0), soit par volatilisation, soit par entraînement dans les scories, et qui exige une dépense si considérable de charbon (1 400 à 1 000 0/0) ont amené l'essai de différents procédés dans la seconde partie de ce siècle. Dans ces dernières années, un autre problème a été soumis à la sagacité des inventeurs, à la suite des découvertes des gisements australiens, dont le minerai est complexe, contenant, sous forme de sulfures, de l'argent, du plomb et du zinc. Les recherches faites pour extraire ces différents métaux ont été extrêmement nombreuses; la plupart sont fondées sur l'électrolyse.

Tel était le procédé Ashcroft qui, après grillage des sulfures, les transformait en chlorures; ceux-ci étaient électrolysés. Ce procédé a été monté à Newcastle (Nouvelle-Galles du Sud) par la Sulphide Corporation, qui avait payé les brevets 135 000 livres. Il a été abandonné l'an dernier à cause de l'impossibilité d'obtenir des diaphragmes assez résistants, et de la consommation considérable d'énergie.

Le procédé Siemens et Halske, électrolysant des solutions de sulfate de zinc, a-t-il mieux réussi?

Hoepfner a breveté la dissolution des oxydes de zinc et de plomb dans une lessive alcaline; celle-ci est additionnée de chlorures et électrolysée de sorte qu'on obtient à l'anode du zinc, à la cathode du chlore ou des composés chlorés. Ce procédé a été appliqué en Angleterre, à Winnington, près Chester, et a fourni, en 1897, 800 *t* de métal; il doit être appliqué aussi à Kruschau (Silésie autrichienne) et dans des

usines des environs de Bruxelles et de Turin et, dit-on, en France. D'après l'inventeur, on obtient 4 à 5 *kg* de zinc et 12 à 15 *kg* de chlorure décolorant par cheval et par jour.

Ceci est le point intéressant; en effet, l'électrolyse d'une solution zincifère est actuellement trop coûteuse si elle donne seulement du zinc mais peut devenir économique si elle fournit en même temps des sous-produits.

C'est ainsi que le procédé Dieffenbach, qui électrolyse le chlorure de zinc, et avait été monté à l'usine de Duisbourg où il a fourni jusqu'à 90 *t* par mois de métal, a été abandonné; il doit être remplacé à cette usine par le procédé Hoepfner.

Le procédé Fry consiste à agglomérer les minerais sulfurés mixtes avec du sel, et à les passer dans un four à vent. La plus grande partie du plomb fond en entraînant les métaux précieux. Le zinc reste dans la scorie; celle-ci est mélangée à 10 ou 20 0/0 de charbon et fondue dans un four chauffé au gaz du système Siemens. Le zinc se volatilise et passe à l'état d'oxyde que l'on condense. Cette condensation est difficile, cependant on a obtenu des résultats satisfaisants avec des tours de condensation à eau.

Le procédé Fry, après les essais faits à Swansea sur 20 000 *t* de minerai, a été monté dans une usine située sur le canal de Manchester. Il a été également installé à Anhalt (Allemagne).

Bien d'autres procédés où l'électrolyse joue un rôle sont à l'étude; citons celui de Cowper Coles qui grille le minerai de façon à obtenir oxyde et sulfate, lessive à l'acide sulfurique et électrolyse le sulfate de zinc. C'est en principe le procédé qu'a longuement étudié notre Collègue M. Létrange.

Un procédé, dont on ne connaît pas encore les résultats industriels, est celui de Swinburne, essayé par la « Phoenix Process C° », avec la collaboration d'Ashcroft. Il consiste à charger le minerai broyé dans une cuve contenant du plomb et du chlorure de zinc, tous deux à l'état de fusion; ceci dans le but d'obtenir un plomb argentifère et une masse fondue de chlorures qui sera ensuite soumise à l'électrolyse.

D'un ordre différent est l'invention récente de Sébillot qui, reprenant à son tour les tentatives faites dans le but d'obtenir le zinc au four à cuve, emploie deux rangées de tuyères à des hauteurs très différentes; le départ des vapeurs de zinc se fait entre ces deux étages de tuyères. M. le docteur Gautier, qui décrit ce dernier appareil dans le « Portefeuille des Machines d'Oppermann », de juillet 1899, ne donne malheureusement pas de renseignements sur les résultats industriels de cet appareil, où il semble à craindre qu'il reste encore assez d'acide carbonique non transformé en oxyde de carbone pour attaquer le zinc, si oxydable à l'état de vapeur.

Enfin un procédé qui date de quelques années déjà mais a été, à diverses reprises, modifié, est, depuis quelques mois, installé dans une usine d'essai à Angoulême. C'est le procédé Ellershausen destiné à traiter les minerais complexes, semblables à ceux de Broken Hill. On passe le minerai broyé au four à cuve avec des fondants et du coke, et on recueille par coulée des scories et un peu de plomb argentifère; le

reste du plomb et du zinc est distillé; les métaux vaporisés rencontrent, devant le gueulard, de l'eau pulvérisée qui les transforme en sulfates; ceux-ci passent dans des chambres de condensation, où les poussières se déposent; les sulfates sont entraînés par de l'eau ruisselant dans les chambres jusqu'à de grands bassins; le sulfate de plomb se dépose. Quant au sulfate de zinc il est facile d'en retirer le métal par des procédés divers. Quel est le rendement de ce procédé? Quelles sont les pertes de métal non sulfatisé? C'est ce qu'il sera permis de savoir, si l'on publie le résultat d'expériences faites en septembre dernier devant un groupe d'Ingénieurs étrangers. P. J.

IVe SECTION

Physique, Chimie industrielle, Divers, etc.

22. — **L'abus de l'eau à Londres.** — Un article récemment paru dans le *Times* a donné des preuves frappantes de la manière absurde dont certains consommateurs gaspillent l'eau. On sait qu'à Londres la consommation par tête est beaucoup plus élevée que dans la plupart des villes de province et la différence est presque entièrement due à des pertes qu'on peut éviter. Pour la prévention de ces abus, une corporation ou une administration publique est naturellement beaucoup plus forte qu'une compagnie privée, qu'on soupçonne toujours de ne penser qu'aux dividendes de ses actionnaires.

Au mois de juillet dernier, la consommation moyenne d'eau à Londres s'est élevée à 180 *l* par tête d'habitant, dont 36 pour les services publics et commerciaux. M. Baldwin Latham a constaté que dans une maison particulière à Londres, ce que nous appelons un hôtel, avec une large part faite aux bains et à l'arrosage du jardin, la consommation ne dépasse pas 100 *l* par habitant, tandis que pour des habitations d'un ordre inférieur, cette consommation peut être estimée au plus à 40 à 50 *l*. Il y a loin, comme on voit, de ces chiffres à 180 — 40 = 140 *l* constatés pour la consommation moyenne par habitant. Une bonne partie des pertes doit être attribuée à des installations défectueuses présentant des fuites importantes. Ainsi, à Stratford, dans un district comprenant 297 maisons, on a constaté à un certain jour une consommation de 8 400 *l* par heure entre minuit et cinq heures du matin. Après vérification et mise en état des installations, on a trouvé que la dépense n'était plus que de 3 800 *l* par heure. On peut citer d'autres exemples analogues. Les pertes par les boyaux d'arrosage des pelouses et des jardins sont aussi très importantes. A Ilford on a constaté dans quelques cas des dépenses s'élevant à 40 000 *l* dans l'espace de trois heures dues à cette cause (*Engineering*, 1er septembre 1899, page 269).

23. — **Tuyaux de plomb armé.** — Nous avons eu occasion de signaler l'emploi pour conduites immergées de tuyaux de plomb revêtus d'une armature de fil d'acier. Nous trouvons, dans la *Schweizerische Bauzeitung*, mention d'une nouvelle application de ce système. Il s'agit

d'une conduite d'eau potable alimentant la localité de Seeforts, près Copenhague. Cette conduite, immergée dans la mer, a 1100 *m* de longueur ; le tuyau de plomb a un diamètre de 52 *mm* et est recouvert d'un fil d'acier enroulé et par dessus d'une enveloppe de jute. Il a été fourni par la maison Felten et Guilleaume, de Mülheim-sur-Rhin, et posé par le procédé employé pour les câbles sous-marins.

24. — **Stérilisation de l'eau de boisson par l'ozone.** — La *Revue d'hygiène*, du 20 novembre 1899, donne des résultats d'expériences faites à Berlin sur la stérilisation de l'eau par l'ozone, résultats qu'il est intéressant de rapprocher des chiffres indiqués par M. Otto dans la séance du 17 novembre 1899 de notre Société.

L'eau du lac de Tegel (alimentation de Berlin), aurait exigé au laboratoire 2 à 3 *mg* d'ozone actif pour 200 c^3 d'eau dans un cas et 3 à 4 *mg* pour 500 c^3 dans un autre cas, c'est-à-dire respectivement 11,5 *g*, 6 *g* et 8 *g* par mètre cube d'eau.

Des eaux d'égout filtrées par la méthode de Dibbin, eaux d'égout sans doute pauvres en matières organiques, mais riches en germes, ont employé 3,5 *g* d'ozone pour 100 c^3, soit 3,5 *g* d'ozone par mètre cube d'eau.

Un établissement de stérilisation créé par Siemens et Halske a traité par jour 80 m^3 d'eau de la Sprée, déjà grossièrement épurée, que l'on faisait descendre dans une tour remplie de cailloux à travers lesquels s'élevait de l'air ozonisé. Pour cela les appareils ont débité 60 *g* d'ozone par heure. Les germes dans l'eau ont été réduits de 99 0/0 et la matière organique diminuée, on ne dit pas de combien. Si la marche a été de douze heures par jour, ce serait 720 *g* pour 80 m^3 d'eau ou 9 *g* par mètre cube. Il est observé qu'une grande partie (70 0/0) de l'ozone se perdait sans produire d'action et l'on estime que, s'il avait été utilisé en totalité, la stérilisation eût exigé seulement 1 ou 2 *g* d'ozone par mètre cube, selon l'impureté de l'eau traitée. Cette condition théorique ne pouvant évidemment pas être réalisée effectivement, on serait conduit à des chiffres bien supérieurs.

25. — **Un nouveau corps simple.** — Dans son discours présidentiel devant l'Association Britannique en septembre dernier, sir William Crookes a annoncé la découverte d'un nouveau corps simple qu'il a proposé de nommer provisoirement *Monium*. Depuis lors, sir William a complété ses recherches et les a présentées à la Société Royale.

Le nouvel élément qui a reçu le nom définitif de *victorium* est d'un brun pâle et se dissout facilement dans les acides. Son oxyde est moins basique que l'yttria et plus que la plupart des terres du groupe du terbium. Au point de vue des propriétés chimiques, il diffère sous plusieurs rapports de l'yttrium, mais, d'une manière générale, il occupe une position moyenne entre ce corps et le terbium.

Si on admet que l'oxyde a la composition Ve^2O^3, le poids atomique du victorium n'est pas bien loin de 117. La photographie du spectre phosphorescent de l'oxyde, victoria, montre certaines lignes définies qu'on n'a jamais rencontrées avec aucun autre corps. La méthode avec

laquelle cette dernière découverte a été faite est un exemple remarquable de ce que peuvent donner les moyens modernes d'investigation entre les mains de savants qui peuvent mettre en œuvre les diverses branches de la science et les nouvelles ressources empruntées à la chimie et à la physique réunies.

Le nouveau corps à l'état de pureté aussi absolue que possible a été placé dans le vide dans une ampoule de verre et soumis à l'action moléculaire d'une bobine d'induction de la manière si connue aujourd'hui par l'emploi des rayons X. La lumière phosphorescente obtenue ainsi a été analysée au moyen d'un spectroscope d'une très grande précision et les résultats recueillis sur une plaque photographique ; on a trouvé que les raies particulièrement intéressantes étaient situées dans la partie ultra-violette du spectre et par conséquent invisibles à l'œil nu.

Pour l'examen du négatif ainsi obtenu, on a employé un appareil capable de mesurer le 100 millième de pouce, spécialement construit à cet effet. On n'a pas, dans les recherches finales, employé le corps pur, mais son sulfate anhydre, obtenu en traitant la terre par de l'acide sulfurique concentré et chassant l'excès d'acide par la chaleur rouge. Pour les propriétés chimiques plus spéciales du nouveau corps, les longueurs d'ondes de ses raies distinctives et la description détaillée du spectrographe à double prisme, on pourra consulter le mémoire original dans les *Proceedings* de la Société Royale. Un diagramme annexé montre le procédé de séparation successive et fait voir qu'il a fallu tout près de mille opérations pour amener le nouveau corps à un degré de pureté presque absolu (*Engineering*, 15 septembre 1899, page 329).

26. — **Essais de peintures.** — Le département des travaux publics de la ville de Philadelphie a entrepris des essais pratiques sur les diverses peintures. Dans son dernier rapport annuel, l'Ingénieur en chef du département, M. J. S. Webster, rapporte que 54 plaques de tôle d'acier, mesurant chacun $0{,}305 \times 0{,}610\ m$, recouvertes des diverses peintures employées pour les travaux métalliques dont quelques-unes spécialement destinées à protéger le métal contre l'action de la fumée des locomotives ont été expérimentées. Ces plaques ont été suspendues sous un pont passant sur un chemin de fer, à une hauteur de $4{,}80\ m$ au-dessus des rails. On a fait des observations périodiques et on a obtenu des renseignements très précis sur la manière de se comporter des diverses peintures. Depuis plusieurs années, l'administration des travaux publics employait comme peinture du minium mélangé quelquefois de noir de lampe avec de l'huile de lin pure. Les résultats des essais n'ont rien donné qui conduise à changer cette matière bien qu'ils aient fait reconnaître dans une certaine mesure l'utilité de modifier la méthode d'application et de prendre quelques précautions pour enlever la rouille avant de passer la peinture (*Engineering*, 6 octobre 1899, page 435).

27. — **R. W. Bunsen.** — On annonce la mort à Heidelberg, à l'âge de quatre-vingt-huit ans, du professeur R. W. Bunsen, dont le nom est universellement connu; il était né à Göttingen en 1811.

Nous ne chercherons pas à passer en revue la carrière de l'illustré savant, nous nous bornerons à citer, parmi les plus connus, ses travaux sur l'analyse spectrale, sur la pile dont il produisit en 1841 un modèle qui fut le premier à donner des résultats pratiques et sur le bec à gaz qui porte son nom.

Bunsen fut nommé en 1836 professeur de chimie à l'École Polytechnique de Cassel et, en 1851, professeur à l'Université de Marburg, en 1851, à celle de Breslau, puis peu après à Heidelberg, où s'accomplit le reste de sa carrière. Bunsen était associé étranger de l'Institut de France.

28. — **Prix A. Pollok.** — La famille de notre regretté Collègue, A. Pollok qui a péri, comme on sait, avec sa femme dans la catastrophe de la *Bourgogne*, offre un prix de 30 000 dollars (156 000 *f*) pour des appareils de sauvetage en cas de naufrage. M. Charles J. Bell, administrateur des biens du défunt a transmis cette offre au Gouvernement des États-Unis, avec la proposition que 20 000 dollars soient donnés comme prix et le reste utilisé pour la propagation des renseignements fournis par le concours. Il n'est pas douteux qu'on ne présente de nombreux appareils à ce concours, reste à voir s'il en résultera quelque chose de sérieusement utile (*Engineering News*, 10 août 1899, page 81).

Vᵉ SECTION

Électricité.

29. — **Les plus grands transformateurs du monde.** — Un marché avait été passé entre la Cataract Company et l'Union Carbide Company, toutes deux du Niagara, pour la fourniture à la seconde de ces Sociétés de 15 000 *ch* à la tension de 2 200 volts. On trouve ensuite que le cuivre nécessaire pour transmettre cette quantité d'énergie, à la tension indiquée, coûterait à lui seul plusieurs centaines de mille dollars, bien que la distance ne fût que de 4 *km*. On résolut alors d'employer des transmissions à haute tension et on demanda à divers constructeurs des soumissions pour des transformateurs pouvant transmettre l'énergie à un potentiel de 11 000 volts.

La fourniture fut donnée à la General Electric Company à un prix inférieur à celui qu'aurait coûté le surplus de la quantité de cuivre nécessaire pour la transmission avec un faible voltage.

Il y aura sept transformateurs de 2 500 *ch* chacun, à la fréquence de 25 périodes, les voltages étant 11 000 et 2 200. Ces appareils sont de beaucoup les plus grands qui aient encore été construits, car on n'a pas encore dépassé jusqu'ici 1 250 *ch*.

Chacun pèse environ 18 000 *kg*. C'est la charge d'un wagon, de sorte qu'il en faudra sept pour transporter le matériel complet à destination. Il entre 12,5 *t* de fer en feuilles dans les noyaux. Les bobines ont 1,98 × 1,22 *m* c'est-à-dire les dimensions d'une table de billard.

Les agrafes pour recevoir les feuilles des noyaux, pèsent environ

1 800 *kg*, et une barre d'acier de 120 *mm* de côté de section et 1,22 de longueur sert de support pour soulever l'appareil.

Les dimensions d'un transformateur complet sont de 3,40 *m* de hauteur, 2,60 *m* de largeur et 1,32 *m* de profondeur. On ne pourra pas les transporter tout montés, la hauteur étant trop grande pour le passage sous les ponts de chemin de fer. Les essais ont donné les résultats suivants :

Perte par le fer	22 600 watts
Perte par le cuivre	8 700 —
Régulation	1/2 0/0
Rendement, charge entière	98,3 —
Rendement trois quarts de charge	98,0 —
Rendement demi-charge	97,3 —
Rendement quart de charge	95,3 —

Élévation de température au bout de huit heures à charge entière 45° C.

Ces transformateurs doivent fonctionner d'une manière continue à charge entière, de manière à favoriser la perte par le cuivre plutôt que celle par le noyau. Ils sont refroidis à la fois par l'eau et par l'huile, 200 *m* de tuyaux étant employés pour chacun. Avec un rendement aussi élevé que 98,3 0/0, il semble à première vue que le rayonnement dû aux pertes doit être très faible. Mais 1,7 0/0 sur 2500 *ch* représente encore près de 40 *ch*, c'est-à-dire assez d'énergie pour alimenter 600 lampes à incandescence de 16 bougies (*Electrical World and Engineer*, 18 novembre 1899, page 794; article illustré).

30. — **Fabrication du ferrosilicium au four électrique** — M. G. de Chalmot a indiqué un procédé de fabrication du ferrosilicium qu'utilise la Wilson Aluminium Company dans des fours électripues de 150 *ch*; de nouveaux fours doivent être construits pour recevoir jusqu'à 1 000 *ch*.

Les alliages peuvent contenir de 12 à 46 0/0 de silicium; ils sont cristallins; leur couleur est blanche ou grise, et d'autant plus foncée que la teneur en silicium est plus grande. On ne peut les refondre au cubilot, le silicium y brûlant très facilement. Les matières premières sont : du minerai de fer et du coke, tous deux finement broyés, et du sable de rivière. Les produits obtenus sont plus purs que ceux provenant du haut fourneau mais ils coûtent plus cher.

Leur propriété de résister aux acides et de bien conduire l'électricité fait espérer que l'on pourra en constituer des anodes pour l'électrolyse des solutions aqueuses.

(Traduction de publications américaines par le *Moniteur Quesneville*, août 1899). P. J.

Pour la Chronique, les Comptes Rendus et les Informations Techniques :
A. Mallet.

BIBLIOGRAPHIE

Ie SECTION

Petite encyclopédie pratique du bâtiment, publiée sous la direction de L.-A. Barré (1).

Le but que s'est proposé M. Barré en rédigeant la petite encyclopédie pratique du *bâtiment* a été de réunir, sous une forme substantielle, les principales connaissances nécessaires aux constructeurs pour l'édification des bâtiments.

L'ouvrage est divisé en douze parties savoir :

1° Terrassements et Fondations;
2° Matériaux de construction;
3° Maçonnerie;
4° Charpente en bois;
5° Menuiserie;
6° Charpente en fer;
7° Serrurerie;
8° Peinture;
9° Chauffage et Éclairage;
10° Distribution d'eau;
11° Couverture, Plomberie;
12° Lois et Règlements.

Cette encyclopédie résume tous les renseignements indispensables aux architectes, ingénieurs, entrepreneurs; on y trouvera notamment les indications utiles :

Sur la résistance des sols, les levers de plans, le nivellement, les terrassements, les diverses natures de fondations et le matériel des chantiers...

Sur les propriétés des matériaux naturels et artificiels employés dans la construction : pierres de taille, briques, ciments, chaux, plâtre, bétons, métaux, bois, etc., les tableaux numériques des poids et résistances de ces matériaux...

Sur les proportions des diverses parties d'un bâtiment, murs, baies, arcs, voûtes; la maçonnerie de moellon, de meulière, de briques, de pierre de taille, de béton, les légers ouvrages en plâtre, les carrelages, dallages et pavages...

Sur la charpente et la grosse serrurerie, planchers, pans de bois et de fer, combles et constructions métalliques diverses...

Sur la couverture en tuiles, en ardoises, en zinc, en plomb, en tôle, en verre, etc...

(1) Collection de 12 volumes; chacun du format 12-18 comprenant 160 pages environ et de nombreuses gravures intercalées dans le texte. — E. Bernard et Cie, éditeurs, Paris. — Prix de la collection complète : brochée, 15 fr.; reliée, 20 francs.

Sur la menuiserie en bois et en fer, portes, fenêtres, lambris, devantures, escaliers, parquets, moulures, constructions rustiques et treillages...

Sur la serrurerie d'art, la quincaillerie, les ascenseurs et monte-charges...

Sur les divers modes de chauffage, d'éclairage et de ventilation, les sonneries, la téléphonie...

Sur la distribution et le filtrage des eaux, la plomberie et la canalisation d'eau et de gaz, le tout-à-l'égout, les puits, etc...

Sur la décoration des édifices, les terres cuites, les staffs, stucs; la peinture et la vitrerie, la dorure et la tenture.

Sur les lois et règlements de voirie; hauteur des maisons, dimensions des cours, saillies autorisées, alignement, nivellement; instructions pour la construction des écoles, théâtres, cafés-concerts, etc... Réglementation relative aux logements insalubres aux conduits de cheminée, à l'écoulement à l'égout, à la distribution de l'énergie électrique, etc...

On voit que l'ouvrage embrasse toutes les branches de la construction, il les résume, et par sa rédaction concise et facile vulgarise des connaissances qui ne se rencontrent que dans des ouvrages importants.

Les chapitres concernant l'installation intérieure, le chauffage, l'éclairage, la distribution de l'eau, en un mot les dispositions spéciales qui constituent le confortable moderne ont été particulièrement étudiées.

Le lecteur trouvera donc dans cette petite encyclopédie tous les renseignements et documents intéressant le bâtiment qu'il ne pourrait se procurer qu'au prix de laborieuses recherches dans de coûteux et volumineux ouvrages.

Ch. Labro.

Barèmes destinés à faciliter le calcul des ponts métalliques à une ou plusieurs travées, par MM. Dupuy et Cuénot (1).

La circulaire ministérielle du 9 juillet 1877 prescrivait, pour le calcul des ponts métalliques à voie de fer, l'emploi de surcharges uniformément réparties. Ces surcharges, variables suivant la portée, étaient supposées pouvoir déterminer, avec une exactitude suffisante, les moments fléchissants et les efforts tranchants qui se produisent lors du passage d'un convoi. Mais en réalité, et surtout pour les ponts de faible ouverture, les efforts déterminés par ces surcharges restaient bien au-dessous des efforts produits par le convoi: principalement les efforts tranchants.

Cette considération a conduit au règlement du 29 août 1891 dans lequel il est prescrit l'emploi, pour les calculs, de trains-types qui devront être placés de manière à déterminer, pour chaque section de poutre, les plus grands efforts que subit le métal.

La Commission (2), chargée de l'élaboration du règlement, n'a pas

(1) 1re partie : un vol. in-8° de 132 p., 1895, Ve Ch. Dunod, éditeur. — 2e partie : un vol. in-8° de 184 p., avec 6 pl., Ve Ch. Dunod, éditeur.

(2) M. Dupuy faisait partie de cette Commission.

reculé devant la complication que cette prescription apporte aux calculs, parce qu'elle a pensé qu'aussitôt après la mise en vigueur du règlement, il serait établi des tables ou barèmes qu'on n'aurait qu'à appliquer, au moins pour les poutres droites, pour lesquelles les moments fléchissants et les efforts tranchants ne dépendent que de la portée et de la continuité qui peut exister ou non sur les appuis.

Depuis 1891, il a été, en effet, publié plusieurs ouvrages donnant : soit une méthode permettant de déterminer les efforts par le tracé d'épures, soit des barèmes indiquant le poids uniformément réparti qui, pour chaque portée, remplace assez exactement le train-type prescrit, soit encore des tables permettant de tracer, suivant les cas, les courbes représentatives des moments fléchissants et des efforts tranchants ou bien les lignes d'influence de ces moments ou de ces efforts.

Les barèmes publiés dans les *Annales des Ponts et Chaussées*, par M. Dupuy, Inspecteur général des Ponts et Chaussées, et M. Cuënot, Ingénieur des Ponts et Chaussées, se rapportent à ce dernier genre.

La première partie de cet important travail a trait aux calculs des poutres droites reposant sur deux appuis. Il y est tout d'abord donné un exposé de la méthode pour le tracé des lignes d'influence des réactions des appuis, des efforts tranchants et des moments fléchissants. Le train considéré est non seulement celui que définit le règlement du 29 août 1891, mais aussi un autre train, dit facultatif, formé des mêmes éléments que le précédent, mais groupés de la manière la plus défavorable, c'est-à-dire machine avec tender en avant ou suppression d'un tender s'il en résulte un accroissement de l'effort. Cette partie donne ensuite un grand nombre de barèmes où sont calculés :

Le polygone enveloppe des efforts tranchants maximum produits par des trains facultatifs ;

Le maximum du moment fléchissant au milieu de la portée sous le passage des trains facultatifs ;

Le maximum du moment fléchissant au milieu de la portée sous le passage d'un train de quatre machines groupées de la manière la plus défavorable ;

Le moment fléchissant maximum maximorum, en fonction de la portée, produit par le passage des trains facultatifs ;

Des tableaux donnant, pour des portées variant de 1 *m* entre 1 et 200 *m*, et de 10 *m* entre 200 et 300 *m* : le moment fléchissant maximum maximorum, le moment fléchissant maximum et la charge uniformément répartie qui produit, dans la section correspondant au maximum maximorum, un moment fléchissant égal ;

Des tableaux donnant les ordonnées des polygones correspondant à diverses compositions de trains ;

Enfin des tableaux donnant, pour diverses portées, les moments fléchissants maximum en tous les points des poutres sous le passage des trains facultatifs.

La deuxième partie a trait aux calculs des poutres droites dites continues, c'est-à-dire reposant sur plus de deux appuis.

D'abord des considérations générales sur les foyers et sur les lignes d'influence de l'effort tranchant et du moment fléchissant. Puis les

équations générales des lignes d'influence pour des poutres à deux travées et des poutres à plus de deux travées. Enfin une série de barèmes ou tables numériques faisant connaitre, pour un rapport entre les ouvertures de la première et de la deuxième travée égal à 1 ou 0,90 ou 0.80 ou 0,70 et avec une ouverture de la deuxième travée égale à l'unité, .es ordonnées des lignes d'influence de l'effort tranchant et du moment fléchissant.

Ces tables sont calculées pour des poutres de deux à cinq travées, dont les travées intermédiaires sont supposées égales entre elles.

Les ordonnées des lignes d'influence sont calculées pour un mobile de poids 1 dont la position varie de 1/20 de l'ouverture de la deuxième travée.

Avec ces tables, on peut représenter graphiquement les lignes d'influence des efforts tranchants et des moments fléchissants, et il suffit de placer sur ces graphiques le train dont on veut connaître l'action, puis de mesurer les ordonnées correspondant aux charges et de les multiplier par le poids considéré pour connaître l'action produite par le train.

Ces tables ou barèmes sont donc d'une grande utilité puisqu'elles pourront permettre de supprimer dans bien des cas une partie des calculs.

BODIN.

IIe SECTION

Machines marines. — *Cours de machines à vapeur professé à l'École d'application du Génie Maritime*, par L. E. BERTIN, Directeur des Constructions navales.

Le nom seul de l'auteur indique suffisamment l'intérêt de ce bel ouvrage et l'étude que l'on en peut faire vient encore donner une nouvelle preuve de la grande valeur technique et professionnelle de l'éminent Ingénieur qui a su à la fois effectuer de remarquables travaux théoriques, développer la méthode des *petits modèles*, et tracer le *Sfax*, le *Matsushima*, la *Jeanne d'Arc* et le *Henri IV*.

Dans cet ouvrage, qui vient si heureusement compléter les « Chaudières marines », M. Bertin suit rigoureusement la méthode qui devrait toujours inspirer les études des sciences appliquées : la théorie et la pratique marchent constamment ensemble en s'aidant et se complétant mutuellement.

Les « Machines marines » comprennent douze chapitres répartis en trois divisions principales : distribution et travail de la vapeur, fonctionnement mécanique des machines, construction des machines.

Pour faire l'analyse, même sommaire et incomplète de chacune de ces trois parties, il faudrait disposer de plusieurs pages du Bulletin : aussi, parmi les nombreux faits qui se dégagent avec tant de force de ce substantiel ouvrage, nous bornerons-nous à rappeler ici deux points de la plus haute importance et qui semblent trop souvent échapper à l'attention de gens réputés compétents.

Tout d'abord, la trompeuse sécurité résultant de la disposition des machines dans deux compartiments étanches longitudinaux et accolés l'un à côté de l'autre : lorsqu'une des deux chambres de machines ainsi disposées vient à être envahie par l'eau, le bâtiment a toute chance de chavirer surtout si les œuvres-mortes ont été fortement endommagées, ainsi qu'il arrive toujours dans un combat un peu sérieux ; et le seul moyen d'éviter ainsi une catastrophe complète serait de noyer immédiatement — si tant est qu'on ait le temps nécessaire — l'autre chambre des machines.

Ce qui est vrai pour les bâtiments de guerre l'est également pour les paquebots, bien que ces derniers aient généralement leurs œuvres-mortes intactes au moment d'un accident. Il est probable que, en mars 1890, personne n'aurait survécu à bord du *City of Paris* si la rupture de la machine de droite, crevant la coque et occasionnant l'envahissement par l'eau de son compartiment, n'avait également détruit la cloison longitudinale centrale et permis ainsi à l'eau, d'une façon providentielle, de noyer en même temps la chambre des machines de gauche.

Le second point qui se dégage de cet ouvrage, c'est l'extrême importance de l'entretien courant et, par conséquent, la nécessité d'un chômage forcé d'une durée relativement assez longue après chaque effort tant soit peu considérable — soit en intensité soit en durée — effectué par une machine marine moderne.

M. Bertin montre clairement les inconvénients désastreux qui peuvent résulter, pour les bâtiments de guerre d'aujourd'hui, de toute négligence dans l'entretien courant.

C'est là une vérité certainement élémentaire, mais que l'on oublie trop souvent, malgré les avertissements des hommes compétents.

On ne saurait donc trop souhaiter de voir se répandre les saines idées émises par M. Bertin afin de faire comprendre à ceux qui tiennent dans leurs mains les destinées de la marine française qu'il faut de plus en plus considérer le navire de combat comme un outil à la fois très puissant et très délicat dont l'entretien, autant que la construction économique, exige la création et l'organisation de véritables usines où tous les travaux nécessaires soient conçus et exécutés d'une façon industrielle.

L. DE CHASSELOUP-LAUBAT.

IIIe SECTION

Guide pratique pour la recherche et l'exploitation de l'or en Guyane Française, par M. D. LEVAT, Ingénieur civil des Mines (1).

Ce volume est la réunion d'une série d'intéressantes études publiées dans différents numéros des *Annales des Mines*.

Au fur et à mesure de leur apparition, M. Mallet en a résumé les points les plus importants dans les Comptes rendus de notre *Bulletin*.

(1) Dunod, éditeur.

Nous n'avons donc ici qu'à appeler de nouveau l'attention sur cette monographie d'un Ingénieur qui est, comme on sait, un de ceux dont les études sur les mines des différents pays du monde sont les plus étendues.

Ceux des Membres de notre Société qui se préoccupent spécialement des questions coloniales souhaiteront sans doute que soient publiés sur ces questions beaucoup de travaux aussi approfondis et aussi pratiques que ce guide de M. Levat. P. J.

IVe SECTION

La liquéfaction des gaz et ses applications, par M. Julien Lefèvre, professeur à l'École des Sciences et à l'École de Médecine de Nantes.

Ce petit in-octavo, qui fait partie de l'*Encyclopédie des Aide-Mémoire Léauté*, met bien en relief les importantes recherches effectuées dans ces derniers temps sur la liquéfaction des gaz; il indique quelques-unes des nombreuses applications scientifiques ou industrielles des gaz liquéfiés.

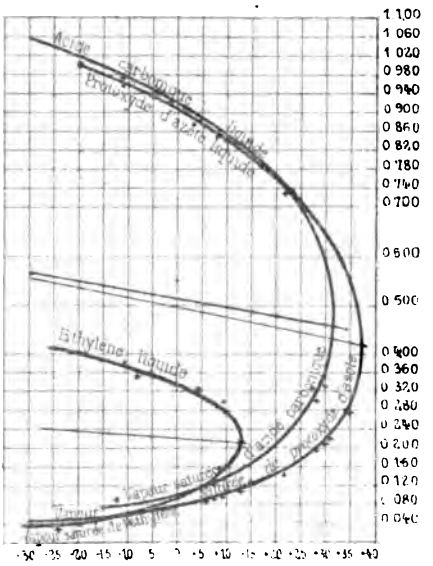
Une partie théorique très courte rappelle les principes et les formules sur lesquels s'appuient les diverses méthodes imaginées.

Puis l'auteur fait l'historique de ces méthodes. Cet historique comporte trois phases : 1° liquéfaction des gaz non permanents, de 1823 à 1877; 2° liquéfaction des gaz permanents, par M. Cailletet et M. Pictet, sous forme de brouillards fugitivement aperçus; 3° réduction en liquides statiques des six gaz réputés permanents, de l'air, ainsi que des gaz découverts dans ces dernières années, comme l'hélium et l'argon. Cette dernière période comprend les remarquables travaux de MM. Wroblewski, Olszewski et Dewar, qui ont complètement résolu la question au point de vue du laboratoire.

Mais, au point de vue des applications, et notamment des applications industrielles, ce qu'on a fait est peu auprès de ce qu'on est en droit d'espérer. L'obtention facile des basses températures ouvre en effet aux recherches scientifiques un champ très étendu, et nous avons tous présente à la mémoire la belle conférence que M. Raoul Pictet faisait naguère à la Société sur l'aide qu'il faut attendre de ces nouveaux procédés. Dans l'industrie, la liquéfaction des gaz, point de départ des entreprises si considérables basées sur la production du froid, peut aussi donner des résultats importants par l'utilisation directe des liquides obtenus. Et déjà on peut citer les recherches de M. Pictet sur l'acétylène liquide pour l'éclairage, l'emploi de l'air liquide pour fabriquer sur place, avec du coton et du charbon de bois pulvérisé, un explosif qui a déjà fait ses preuves dans une mine de charbon des environs de Munich et qui doit servir, paraît-il, au percement du tunnel du Simplon. L'Amérique, qui a déjà tiré un si grand parti des machines frigorifiques, ne néglige point ces nouvelles applications, et la *Liquid Air*

and Refrigeration C° vient d'installer à New-York une usine qui fournira près de 7000 *l* d'air liquide par jour (cf. chroniques n^{os} 236 et 237 du *Bulletin* d'octobre dernier). M. Lefèvre décrit aussi une machine pour extraire l'oxygène de l'air, et signale deux applications intéressantes : fabrication du carbure de calcium en chauffant directement le mélange de chaux et de charbon, sans faire intervenir l'énergie électrique; fabrication d'aciers très durs, notamment pour les plaques de blindage.

L'auteur donne de nombreux renseignements sur la conservation, les propriétés physiques, chimiques, biologiques, etc., des gaz liquéfiés. A titre de curiosité pour ceux de nos Collègues qui ont suivi la discussion de la remarquable communication de M. Otto sur l'épuration des eaux potables par l'ozone, je signalerai que l'oxygène liquide et l'ozone très concentré sont, d'après M. d'Arsonval, sans action sur les toxines et les microbes. Il convient de signaler aussi les courbes des densités des gaz liquéfiés en fonction de la température, courbes étudiées par MM. Cailletet et Mathias d'une part, et par M. Amagat d'autre part. Si l'on porte les densités en ordonnées et les températures en abcisses, en considérant les densités absolues d'un même corps sous les deux états, liquide et vapeur, on obtient des sortes de paraboles, et le diamètre conjugué des cordes parallèles à l'axe des densités est rigoureusement une droite; il est évident que l'intersection de ce diamètre avec la courbe correspond au point critique. L'équation de van der Vaals montre d'ailleurs que si on s'éloigne de ce point, la densité du liquide tend vers le triple de la densité critique.



Après un exposé des recherches les plus récentes sur le point critique et sur les isothermes d'Andrews, M. Lefèvre consacre un chapitre aux propriétés et aux applications des gaz liquéfiés les plus intéressants. Il termine son excellent ouvrage par un court examen des machines frigorifiques : machines à compression et machines à affinité.

R. Soreau.

Ve SECTION

Leçons sur l'électricité, par M. Eric Gérard.

Cet ouvrage qui forme deux volumes a été accueilli avec le plus grand succès au moment de son apparition. Il renferme toutes les matières professées à l'Institut électrotechnique Montefiore par son savant directeur M. Eric Gérard.

La sixième édition du premier volume qui vient de paraître a été mise au courant de tous les progrès les plus récents accomplis dans le vaste domaine de l'électricité.

Analyser comme il conviendrait ce remarquable ouvrage nous entraînerait peut-être un peu loin et nous nous bornerons à énoncer les importantes modifications apportées aux précédentes éditions.

La théorie des ions a été appliquée à l'étude de l'électrolyse, des piles et des accumulateurs. L'emploi des radio-conducteurs a trouvé place dans l'exposé des ondes électriques. Dans l'électrométrie, des développements ont été donnés aux méthodes de mesure des différences de potentiel, de l'hystérésis et de la perméabilité. Le chapitre relatif aux accumulateurs a été augmenté.

Les chapitres concernant les machines dynamos ont été remaniés. Le projet de dynamo à courant continu est entièrement nouveau. L'étude des alternateurs polyphasés et la description des alternateurs ont été refondues.

Nous croyons rendre service à nos Collègues en leur recommandant tout particulièrement l'ouvrage de M. Eric Gérard.

Dès que la sixième édition du tome II paraîtra nous nous empresserons d'en donner un compte rendu.

G. Baignères.

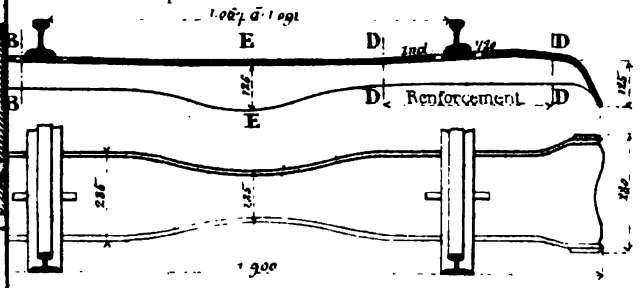
(1) Librairie Gauthier-Villars. — Un volume avec 338 figures. — Prix : 12 francs.

Le Gérant, Secrétaire Administratif,
A. de Dax.

IMPRIMERIE CHAIX, RUE BERGÈRE, 20, PARIS. — 18200-8-99. — (Encre Lorilleux).

Type Etat néerlandais, Sumatra

pour voie ordinaire



pour voie à crémaillère

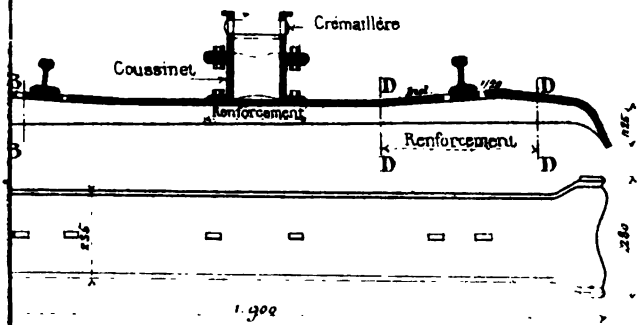
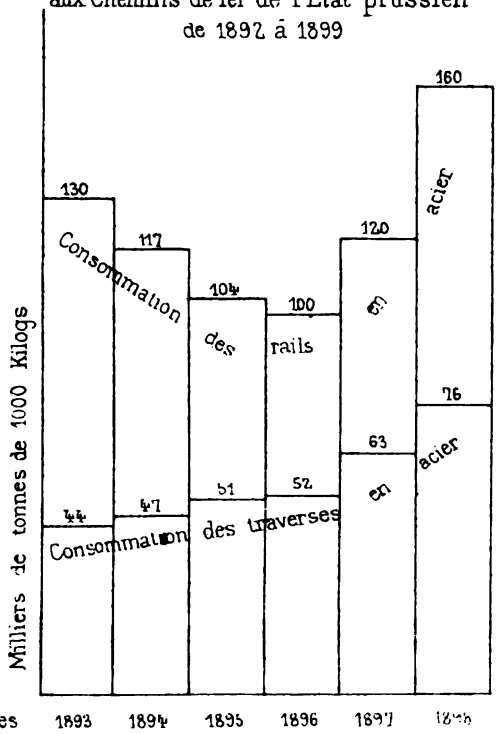


Fig. 14. Diagramme de la consommation des rails et des traverses en acier aux Chemins de fer de l'État prussien de 1892 à 1899



MÉMOIRES

ET

COMPTE RENDU DES TRAVAUX

DE LA

SOCIÉTÉ DES INGÉNIEURS CIVILS DE FRANCE

BULLETIN

DE

DÉCEMBRE 1899

N° 12.

Sommaire des séances du mois de décembre 1899 :

1° ***Australie occidentale*** (L'), par M. J. Garnier (Séance du 1er décembre), page 754;

2° ***Conférence par M. Golliez, professeur à l'Université de Lausanne, sur les applications de la géologie aux travaux du Chemin de fer de la Jungfrau, le 18 décembre*** (Séance du 1er décembre), page 753;

3° ***Décès*** de MM. R.-L. Denis, F. Jasinski (Séance du 1er décembre), page 752;

4° ***Élection des Membres du Bureau et du Comité pour l'exercice 1900*** (Séance du 15 décembre), page 761;

5° *Nomination :*

De M. le Président de la Société des Ingénieurs Civils de France comme Membre du Comité de Patronage de la Section V, du Congrès international de Sauvetage et des premiers secours (Séance du 1er décembre), page 752;

6° ***Prix Giffard de 1899 prorogé en 1902*** (Sujet du) (Séance du 1er décembre), page 753;

7° ***Prix Giffard à décerner en 1902*** (Sujet du) (Séance du 1er décembre), page 753.

8° ***Situation financière de la Société*** (Compte rendu de la), par M. L. de Chasseloup-Laubat, Trésorier (Séance du 15 décembre), page 756;

9° ***Tampons obturateurs automatiques contre les explosions par rupture de tubes dans les chaudières aquatubulaires***, par M. A. Janet (Séance du 17 novembre), observations par M. A. Mallet (Séance du 1er décembre), page 752;

10° ***Travaux de prolongement de la Compagnie du chemin de fer de Paris-Orléans, jusqu'au quai d'Orsay*** (Au sujet de la visite aux), par M. Brière (Séance du 1er décembre), page 753;

11° *Traverses métalliques de chemins de fer* (Les), par M. Auguste Moreau et observations de M. A. Ferré (Séance du 1er décembre), page 754;

12° *Visite :*

Aux chantiers de la Compagnie de Paris-Orléans, le 2 décembre (Séance du 1er décembre), page 753;

Aux chantiers de l'Exposition, le 10 décembre (Séance du 1er décembre), page 753;

Mémoires contenus dans le Bulletin de Décembre 1899 :

13° *Tampons pour l'obturation automatique des tubes de chaudières aquatubulaires en cas de rupture*, par M. A. Janet, page 762;

14° *Traction mécanique sur rails et sur routes pour les transports en commun*, par MM. L. Périssé et R. Godfernaux (1re partie), page 766;

15° *Notice nécrologique sur M. P. Chalain*, par MM. P. Müntz et Ed. Durand, page 842;

16° Modifications demandées par M. Pichault à son mémoire sur le *Calcul des murs de soutènement des terres en cas de surcharges quelconques*, page 844;

17° *Chronique*, n° 240, par M. A. Mallet, page 847;

18° *Comptes rendus*, — page 858;

19° *Informations techniques* — page 864;

20° *Bibliographie :*

3e section. — *Étude relative à la composition des cuivres rouges destinés à la fabrication des tuyaux pour conduites de vapeur et d'eau et aux conditions de recette à imposer pour les fournitures de l'espèce, de M. Besson*, par M. P. Jannettaz, page 880;

4e section. — *L'essai des matières textiles, de M. J. Persoz*, par M. Ed. Simon, page 880;

4e section. — *Traité de fabrication des liqueurs et de la distillation des alcools, de M. P. Duplais*, par M. E. Barbet, page 883;

4e section. — *Le Café, de M. Henri Lecomte*, par M. G. Baignères, page 884;

4e section. — *Le cacaoyer, de MM. H. Lecomte et C. Chalot*, par M. G. Baignères, page 884;

4e section. — *Le thé, de M. V. Boutilly*, par M. G. Baignères. page 884;

4e section. — *Les arbres à gutta-percha, de M. H. Lecomte*, par M. G. Baignères, page 884;

4e section. — *Tableaux de comparaison entre les éclairages usuels, de M. Ad. Bouvier*, par M. G. Baignères, page 885;

4e section. — Une installation de voie aérienne pour *le transport des charbons et représentation graphique d'une usine à gaz, de M. Ad. Bouvier*, par M. G. Baignères, page 885;

21° *Table des matières contenues dans la Chronique du 2e semestre 1899*, page 886;

22° *Table des matières traitées dans le 2e semestre du Bulletin de 1899*, page 889 ;

23° *Table alphabétique, par noms d'auteurs, des mémoires insérés dans le 2e semestre*, année 1899, page 896;

24° *Planches* nos 226 et 227.

Pendant le mois de Décembre 1899, la Société a reçu :

Agriculture.

BILLON (F.). — *Engrais* (Petite Encyclopédie pratique de chimie industrielle publiée sous la direction de F. Billon. 15e volume de la collection) (in-16 jésus de 160 p.). Paris, E. Bernard et Cie, 1899 (Don de l'éditeur). 39354

RONNA (A.) et LINDET (L.). — *Exposition universelle de 1900. Notice historique et statistique sur la classe 37. Matériel et procédés des industries agricoles*, par MM. A. Ronna et L. Lindet (Extrait du Bulletin de septembre 1899 de la Société d'Encouragement pour l'Industrie nationale) (in-4° carré de 16 p.). Paris, Chamerot et Renouard, 1899 (Don de M. A. Ronna, M. de la S.). 39328

Chemins de fer.

BERLIER (J.). — *Tunnel intercontinental sous-marin du détroit de Gibraltar, se reliant à un chemin de fer au Maroc.* Avant-projet dressé par Jean Berlier (une brochure format 31 × 21 de 14 p. avec 5 pl). Paris, 35, rue Boissy-d'Anglas, 1899 (Don de l'auteur, M. de la S.). 39344

GAUDARD (J.). — *Mouvement initial du pont de Mönchenstein, lors de sa chute en 1891*, par J. Gaudard (Extrait du Bulletin de la Société Vaudoise des Ingénieurs et Architectes) (in-8° de 14 p.). Lausanne, Georges Bridel et Cie, 1899 (Don de l'auteur). 39319

LINDHOUT (L.-K.). — *Les traverses d'acier au chemin de fer de l'État à Sumatra*, par L.-K. Lindhout (Extrait du Bulletin de la Commission internationale du Congrès des chemins de fer, octobre 1899) (in-8° de 14 p.). Bruxelles, P. Weissenbruch, 1899 (Don de M. A. Moreau, M. de la S.). 39356

RENSON (Ch.). — *Rapport sur les essais comparatifs de traverses métalliques faits de 1881 à 1898 sur le réseau Liégeois-Limbourgeois de la Compagnie des chemins de fer Néerlandais*, par Ch. Renson (Extrait du Bulletin de la Commission internationale du Congrès des chemins de fer, juillet 1898) (in-8° de 25 p.). Bruxelles. P. Weissenbruch, 1899 (Don de M. A. Moreau, M. de la S.). 39355

Chimie.

BILLON (F.). — *Matières animales* (Petite Encyclopédie pratique de chimie industrielle publiée sous la direction de F. Billon. 16e volume de la collection) (in-16 jésus de 160 p.). Paris, E. Bernard et Cie, 1899 (Don de l'éditeur). 39353

DUHEM (P.). — *Traité élémentaire de mécanique chimique, fondée sur la thermo-dynamique*, par P. Duhem. — Tome IV. Les mélanges doubles. Statique chimique générale des systèmes hétérogènes (in-8° grand raisin de 381 p. avec 66 fig.). Paris, A. Hermann, 1899 (Don de l'éditeur). 39341

DUPLAIS (P.), ARPIN (M.) et PORTIER (E.). — *Traité de la fabrication des liqueurs et de la distillation des alcools*, par P. Duplais aîné. Septième édition, entièrement refondue par Marcel Arpin et Ernest Portier. *Tome Ier. Les alcools* (in-8° carré de VIII-613 p. avec 68 fig.). — *Tome II. Les liqueurs* (in-8° carré de 606 p. avec 69 fig.). Paris, Gauthier-Villars, 1900 (Don de l'éditeur). 39339 et 39340

VAN'T HOFF (J. H.). *Leçons de chimie physique*, professées à l'Université de Berlin, par J. H. Van't Hoff. Ouvrage traduit de l'allemand par M. Corvisy. *Deuxième partie. La statique chimique* (in-8° grand raisin de 162 p. avec 33 fig.). Paris, A. Hermann, 1899 (Don de l'éditeur). 39342

Construction des machines.

POLONCEAU (E.). — *Note sur un appareil à levier permettant de faire tourner un volant de machine motrice*, par M. Ernest Polonceau (Extrait du Bulletin de la Société des Élèves de l'École nationale supérieure des Mines) (in-8° raisin de 7 p. avec 2 pl.). Lille, Lefebvre-Ducrocq, 1899 (Don de l'auteur, M. de la S.). 39347

Éclairage.

MONNIER (D.). — *Aide-mémoire pour le calcul des conduites de distribution du gaz d'éclairage et de chauffage*, par D. Monnier (in-4° raisin de 32 p. avec 8 tabl. et 3 graph.). Paris, J. Baudry, 1876 (Don de M. S. Jordan, M. de la S.). 39337

ROBERT D'HURCOURT (E.). — *De l'éclairage au gaz*, par E. Robert d'Hurcourt (in-8° carré de XI-387 p. avec 9 pl.). Paris, Carilian-Gœury et Vor Dalmont, 1845 (Don de M. S. Jordan, M. de la S.). 39352

The Economical Gas Apparatus Construction Company Limited. Carburetted Water Gas Engineers. 1897 (album format 21 × 34 de 92 p. avec illust.). London, 19, Abingdon Street Westminster S. W. (Don de M. J. S. Westcott, M. de la S.). 39345

Économie politique et sociale.

BLOCK (M.). — *Annuaire de l'Économie politique et de la statistique*. Fondé par MM. Guillemin et Joseph Garnier, et continué par M. Maurice Block, etc. *1899. 55e année* (petit in-18 de 1133 p.). Paris, Guillaumin et Cie, 1899 (Don des éditeurs). 39321

Électricité.

GÉRARD (E.). — *Leçons sur l'électricité*, professées à l'Institut électrotechnique Montéfiore, annexé à l'Université de Liège, par Eric Gérard. *Tome second* (in-8° grand raisin de VII-791 p. avec 387 fig.). Sixième édition. Paris, Gauthier-Villars, 1900 (Don de l'éditeur). 39331

RODET (J.). — *Distribution de l'énergie par courants polyphasés*, par J. Rodet (in-8° carré de VIII-338 p. avec 142 fig.). Paris, Gauthier-Villars, 1898 (Don de l'éditeur). 39332

TURPAIN (A.). — *Recherches expérimentales sur les oscillations électriques*, par A. Turpain (in-8° grand raisin de 154 p. avec 49 fig.). Paris, A. Hermann, 1899 (Don de l'éditeur). 39333

Enseignement.

R. Università Romana. Scuola d'applicazione per gl' Ingegneri. Annuario per l'anno scolastico 1899-1900 (in-16 carré de 145 p.). Roma, Tip. della R. Accad. dei Lincei, 1899. 39330

Législation.

WORMS (E.). — *De la propriété consolidée ou tableau historique et critique de tous les systèmes les plus propres à la sauvegarde de la propriété foncière et de ses démembrements*, par Émile Worms (in-8° carré de 447 p.). Paris, E. Dentu, 1888 (Don de M. S. Jordan, M. de la S.). 39335

Navigation.

Tableau général du commerce et de la navigation. Année 1898. Deuxième volume. Navigation. Navigation internationale. Cabotage français et effectif de la marine marchande (République française. Direction générale des Douanes) (in-4° jésus de 418 p.). Paris, Imprimerie nationale, 1899. 39328

Physique.

COTTON (A.). — *Le phénomène de Zeeman*, par A. Cotton (Sciencia octobre 1899. Physique Mathématique, n° 5) (in-8° de 100 p.). Paris, Georges Carré et C. Naud, 1899 (Don des éditeurs). 39320

Sciences mathématiques.

LEDEBUR (A.) et JORDAN (S.). — *Influence de la température sur les propriétés résistantes des métaux et particulièrement du fer*, par A. Ledebur. Traduction par M. S. Jordan (Extrait du Bulletin d'août 1899 de la Société d'Encouragement pour l'industrie nationale) (in-4° carré de 46 p. avec 22 fig.). Paris, Chamerot et Renouard, 1899 (Don de M. S. Jordan, M. de la S.). 39336

OLTRAMARE (J.). — *Calcul de généralisation*, par G. Oltramare (in-8° grand raisin de VIII-171 p.). Paris, A. Hermann, 1899 (Don de l'éditeur). 39343

Sciences morales.

Carte de Madagascar. Publiée par le Service géographique de l'armée (2 feuilles format 57 × 70). Paris, 1894 (Don du Ministère des Colonies). 39349

CUPET, FRIQUEGNON et DE MALGLAIVE. — *Carte de l'Indo-Chine*, dressée sous les auspices des ministres des Affaires étrangères et des Colonies, par les capitaines Cupet, Friquegnon et de Malglaive, membres de la mission Pavie (une feuille grand aigle). Paris, Augustin Challamel, 1895. 39324

CUPET, FRIQUEGNON, DE MALGLAIVE et SEAUVE. — *Indo-Chine. Carte de la mission Pavie*, dressée sous les auspices du ministre des Affaires étrangères et du ministre des Colonies, sous la direction de M. Pavie, par les capitaines Cupet, Friquegnon, de Malglaive et Seauve (4 feuilles grand aigle). Paris, Augustin Challamel. 1899. 39325

DEVAUX. — *Carte du Sénégal*, à l'usage des écoles primaires et secondaires. Dressée par le lieutenant Devaux, par ordre de M. E. Chaudié, gouverneur général (une feuille format 81 × 109). Paris, H. Barrère (Don du Ministère des Colonies). 39350

DUPORTAL (H.). — *Une exploration technique à Madagascar*. Conférence faite sous le patronage de l'Union coloniale française et sous la présidence de M. Charles Doux, député, président du Comité de Madagascar, par M. H. Duportal, Ingénieur en chef des Ponts et Chaussées, le 18 mars 1897, dans la salle de la Société de géographie (in-8° cavalier de 38 p.). Paris, Union coloniale française, 1898 (Don de la Commission coloniale). 39334

FRIQUEGNON. — *Chine méridionale et Tonkin*, par le capitaine Friquegnon de l'infanterie de marine (une feuille grand aigle) (Service géographique des Colonies, M. Camille Guy, chef du Service). Paris, Henry Barrère, 1899. 39323

HANSEN (J.). — *Congo Français*. Carte dressée par J. Hansen, cartographe du Congo Français (Service géographique des Colonies) (2 feuilles format 74 × 103). Paris, 1895 (Don du Ministère des Colonies). 39351

LAILLET (E.) et SUBERBIE (L.). — *Carte de Madagascar*, par E. Laillet et L. Suberbie, explorateurs de l'île (3 feuilles grand aigle). Paris, Augustin Challamel, 1895. 39326

OLIVIER. — *Afrique. Carte générale des voies de communication*, dressée par le lieutenant Olivier, de l'infanterie de marine (Service géographique des Colonies, M. Camille Guy, chef du Service) (une feuille format 70 × 68), Paris, H. Barrère, 1897 (Don du Ministère des Colonies). 39348

PFISTER (Ch.). — *Joseph-Victor Barbier. Notice sur sa vie et ses travaux*, par Ch. Pfister (in-8° carré de 38 p. avec une photog.) (Publié par les soins de l'Association amicale des anciens Élèves de l'École professionnelle de l'Est et de la Société de géographie de l'Est). Nancy, Berger-Levrault (Don de la Société de géographie de l'Est). 39338

SPICQ. — *Carte de la Boucle du Niger*, dressée par le lieutenant Spicq, de l'infanterie de marine, et ayant pour base la carte de M. le gouverneur Binger et les travaux récents du commandant Marchand. 2e édition, 1898 (2 feuilles grand monde) (Service géographique des Colonies, M. Camille Guy, chef du Service). Paris, Henry Barrère, 1898. 39322

Technologie générale.

La grande Encyclopédie. Inventaire raisonné des sciences, des lettres et des arts. par une Société de savants et de gens de lettres. *Tome vingt-cinquième. Nord-Part.* (in-8° colombier de 1200 p.). Paris, Société anonyme de la Grande Encyclopédie. 39327

Schweizerischer Ingenieur-und Architekten-Verein. Fest-Album zur 38. Jahres Versammlung 23-25 September 1899, in Wintherthur. Herausgegeben Technischen Verein Wintherthur (album format 240 × 320 de 83 pl.). Zurich, Polygr. Institut A. G. (Don de H. Paur, remis par M. A. Mallet, M. de la S.). 39346

Les Membres nouvellement admis pendant le mois de Décembre 1899, sont :

Comme Membres sociétaires, MM. :

B. BARBIER,	présenté par MM.	Dumont, Jordan, Wurgler.
P. DOREL,	—	Fauquier, Péguin, Raclet.
E. FACIER,	—	Faget, Naeder, Reich.
L. FONTANEY,	—	Lallement, Maire, Walbaum.
M. HEURTEMATTE,	—	Dumont, Jousselin, Gallois.
H.-A. JACQMIN,	—	Dumont, L. Salomon, A. Jacqmin.
A.-E. JACQUESSON,	—	Boivin, Kaeuffer, Walcker.
A. LANG,	—	Dumont, Baignères, Hubou.
J. SIBRY-BEY,	—	Duplaix, Lavezzari, Roux.
Ch. VIELLARD,	—	Buquet, Imber, Jordan.

Comme Membre associé, M. :

M. BARBET-MASSIN, présenté par MM. Loreau, R. Barbet-Massin, Esnault-Pelterie.

RÉSUMÉ

DES

PROCÈS-VERBAUX DES SÉANCES

DU MOIS DE DÉCEMBRE 1899

PROCÈS-VERBAL

DE LA

SÉANCE DU 1er DÉCEMBRE 1899

PRÉSIDENCE DE M. G. DUMONT, PRÉSIDENT.

La séance est ouverte à 8 heures 3/4.

Au sujet de la communication de MM. Janet et Ravier, notre Collègue M. A. MALLET rappelle que l'idée des clapets automatiques est contemporaine de celle des chaudières à tubes d'eau; ils figurent dans la disposition du générateur multitubulaire proposée en 1829 par Joseph Ève (Chronique de juillet 1897).

Sous réserve de cette observation, le procès-verbal de la dernière séance est adopté.

M. LE PRÉSIDENT a le regret d'annoncer le décès de MM. :

R.-L. Denis, Membre de la Société depuis 1889, Ancien Élève de l'École Centrale (1878); a été attaché au Bureau des Études des ponts métalliques à la Compagnie de P.-L.-M., Ingénieur adjoint à la Direction de l'Entreprise générale des Écluses du canal de Panama, Ingénieur représentant, à Saïgon, de la Société de construction de Levallois-Perret;

F. Jasinski, Membre de la Société depuis 1896, Professeur du cours de résistance des matériaux et de stabilité des constructions aux Instituts des Ingénieurs des voies de communication, des Mines, des Ingénieurs Civils, Électrotechnique; adjoint à l'Ingénieur principal de la voie au chemin de fer Nicolas; Rédacteur du journal *Mémoires de la Société des Ingénieurs des voies de communication.*

Avis est donné de la nomination du Président de la Société des Ingénieurs Civils de France comme Membre du Comité de Patronage de la Section V du Congrès international de sauvetage et des premiers secours; cette Section est relative au rôle du sauveteur dans les accidents du travail industriel.

M. LE PRÉSIDENT rappelle que la visite des chantiers de la Compagnie de Paris-Orléans, entre le quai d'Orsay et la place Valhubert, doit avoir lieu le lendemain 2 décembre.

D'autre part, une visite des chantiers de l'Exposition a été organisée, pour le dimanche 10 décembre, sous la conduite de MM. M. de Nansouty et da Cunha. On se réunira à 9 heures très précises à la porte n° 1, à l'emplacement de l'ancien Palais de l'Industrie; on visitera le Grand et le Petit Palais, le pont Alexandre III, la rue des Nations et le quai d'Orsay; la dislocation se fera au pont de l'Alma vers 11 heures. Cette visite étant exclusivement réservée aux membres de la Société, la présentation de la carte de membre sera exigée.

M. LE PRÉSIDENT espère que ces deux visites, si intéressantes pour des Ingénieurs en l'état actuel des travaux, réuniront un grand nombre de sociétaires.

Notre Collègue M. J. Bergeron, ancien Président de la Société géologique de France, nous informe, au nom du Conseil de cette Société, que M. Golliez, professeur à l'Université de Lausanne, fera, le lundi 18 décembre, une conférence sur les applications de la géologie aux travaux du chemin de fer de la Jungfrau.

Prix Giffard. — M. LE PRÉSIDENT donne les sujets des deux prix Giffard qui seront décernés en 1902.

Ce prix n'ayant pas été décerné en 1899, le Jury a décidé de le proroger jusqu'en 1902, de lui attribuer une valeur de 5 000 *f* et de conserver le même sujet de concours, savoir :

AUTOMOBILES SUR ROUTES : *Voitures et tracteurs publics et particuliers pour la ville et la campagne (Voyageurs, commerce, camionnage, etc.).*

Les concurrents devront commencer leur Mémoire par une *Revue sommaire et critique* de l'état de la question, puis présenter la description de quelques types exécutés ou susceptibles d'exécution.

En outre, et conformément au Règlement, un autre prix Giffard sera décerné en 1902. La valeur de ce prix est de 3 000 *f*. Le sujet du concours est le suivant :

DES MACHINES AGRICOLES ET DE LEUR CONSTRUCTION EN FRANCE : *Importance actuelle de cette industrie; ses produits; ses principaux centres. — Causes qui font obstacle à son développement et favorisent l'importation des machines de fabrication étrangère. — Moyens de remédier à cette situation et progrès à réaliser pour que les agriculteurs français soient munis autant que possible d'un outillage exclusivement français.*

Ces deux Prix seront décernés dans la 2e séance de juin 1902.

Les mémoires doivent être déposés le 31 décembre 1901, dernier délai, au Secrétariat, 19, rue Blanche.

La parole est donnée à M. Brière, Ingénieur en chef de la voie et des travaux de la Compagnie du chemin de fer de Paris-Orléans, au sujet de la visite des *Travaux de prolongement jusqu'au quai d'Orsay*, visite qui doit être faite le lendemain par les membres de la Société.

M. Brière indique l'itinéraire qui sera suivi et les heures de passage à différents points, pour les Sociétaires qui n'auraient pu se trouver à 8 heures et demie au point initial. Quant aux explications techniques, elles seront données sur place par les Ingénieurs de la Compagnie; M. Brière se contente de signaler en gros les parties susceptibles d'intéresser plus particulièrement les visiteurs, suivant leur spécialité.

Ce qu'il y a de remarquable dans tous ces travaux, c'est la rapidité avec laquelle ils ont été conduits, car, au mois d'avril 1898, il n'y avait encore aucun projet, et aucune adjudication n'avait été faite.

M. Brière se met à la disposition de la Société pour donner de nouveaux renseignements sur l'itinéraire, et pour y apporter des modifications si on le désire.

M. le Président remercie vivement M. l'Ingénieur en chef Brière, qui a bien voulu nous indiquer l'époque où la visite de ces importants travaux serait intéressante, et qui s'est mis si aimablement à notre disposition pour organiser la visite.

La parole est donnée à M. J. Garnier pour sa Communication sur l'*Australie occidentale*.

M. J. Garnier rappelle qu'il a fait son voyage d'études en Australie avec son fils, M. Pascal Garnier, décédé à Coolgardie en juin 1898. Celui-ci avait promis d'en apporter les résultats à la Société des Ingénieurs civils, et le père vient tenir les engagements du fils.

M. J. Garnier étudie la géologie de ces immenses régions, et notamment les formations aurifères; il expose ses opinions sur leur genèse et décrit quelques installations, en particulier celles où sont employés les derniers perfectionnements pour l'extraction de l'or.

Cette Communication sera insérée au *Bulletin*.

M. le Président remercie M. J. Garnier d'avoir réservé à la Société la description de ses travaux d'exploration, et lui exprime à nouveau combien nous est chère la mémoire de son fils, dont la carrière se dessinait si brillamment.

La parole est donnée à M. A. Moreau, pour sa Communication sur les *Traverses métalliques de chemins de fer*.

M. Aug. Moreau se propose d'exposer très impartialement les avantages et les inconvénients des traverses en bois et des traverses métalliques. Il rappelle les desiderata formulés au Congrès de 1889 relativement à ces dernières, et montre comment on a pu les réaliser en forant les lumières au lieu de les poinçonner. Il exprime le désir que son mémoire soit le point de départ d'une large discussion à la Société, dont beaucoup de membres se préoccupent de cette importante question.

Cette Communication sera insérée au *Bulletin*.

M. F. Brard signale qu'il a eu l'occasion d'employer des traverses métalliques dans un charbonnage du Tonkin; l'oxydation fut très rapide et atteignit 1/2 *mm* d'épaisseur en deux années. Il demande si M. Moreau a des renseignements sur la résistance des traverses métalliques à l'humidité.

M. A. Moreau répond qu'il a sur ce point des documents nombreux, mais que, en raison de l'heure avancée, il préférerait les donner dans une séance où la question serait discutée dans son ensemble.

M. A. Ferré s'associe à la demande de discussion, car il a de nombreuses réserves à faire sur le mémoire de M. Moreau.

M. le Président dit que cette demande sera soumise au Comité, et qu'il sera statué alors sur la date de la discussion, qui ne pourrait venir utilement qu'après la publication du mémoire de M. Moreau. Il remercie notre Collègue de sa très intéressante Communication, qui lui paraît en effet susceptible d'être suivie d'une discussion fructueuse.

Il est donné lecture en première présentation des demandes d'admission de MM. A. Bonnet, A. Catala et G.-A. Morin, comme Membres sociétaires, et de MM. L.-R. de la Fontaine et H.-A. Gaulthier, comme Membres associés.

MM. B. Barbier, P. Dorel, Facier, L. Fontaney, M. Heurtematte. H.-A. Jacqmin, A.-E. Jacquesson, A. Lang, J. Sirry-Bey et Ch. Viellard sont reçus Membres sociétaires et M. M. Barbet-Massin, Membre associé.

La séance est levée à 11 heures et demie.

Le Secrétaire,
R. Soreau.

PROCÈS-VERBAL

DE LA

SÉANCE DU 15 DÉCEMBRE 1899

ASSEMBLÉE GÉNÉRALE

PRÉSIDENCE DE M. G. DUMONT, PRÉSIDENT.

La séance est ouverte à 8 heures et demie.

La Société étant réunie en Assemblée générale, conformément à l'article 17 des Statuts, M. L. DE CHASSELOUP-LAUBAT, Trésorier, a la parole pour la lecture de son rapport annuel sur la situation financière. Il s'exprime ainsi :

SITUATION AU 30 NOVEMBRE 1899

MESSIEURS,

Le 1er décembre 1898, les Membres de la Société étaient au nombre de	3 282
Du 1er décembre 1898 au 30 novembre 1899, les admissions ont été de	310
formant un total de	3 592
Pendant le même laps de temps, la Société a perdu	132
soit 87 décès et démissions et 45 radiations.	
Le total des Membres de la Société au 30 novembre 1899 est ainsi de	3 460
Il a donc augmenté pendant l'année de	178

L'augmentation nette semble donc inférieure à celle des deux exercices précédents.

Mais il y a lieu de remarquer que, par suite d'une décision du Comité, prise au commencement de cette année, 45 radiations ont été effectuées d'un seul coup. Dans ces conditions, l'augmentation de cette année ressortirait à 223, chiffre un peu supérieur à celui de 1898, mais inférieur à celui de 1897.

En définitive, ce chiffre est légèrement supérieur à la moyenne des trois derniers exercices.

Le Bilan au 30 novembre 1899 se présente comme suit :

L'Actif comprend :

1° Le fonds inaliénable	Fr.	184 002 70
2° Les espèces en caisse		3 712 50
3° Les débiteurs divers.		60 335 26
4° Les valeurs amortissables		2 500 »
5° La bibliothèque		11 000 »
6° L'immeuble nouveau		1 088 835 98
TOTAL.	Fr.	1 350 386 44

Le Passif se compose de :

1° Les créditeurs divers	Fr.	53 729 06
2° Les prix divers de 1900 et suivants		7 806 80
3° L'emprunt.		600 000 »
4° Les coupons échus ou à échoir.		14 982 75
5° Le fonds de secours.		400 95
6° Souscription Cinquantenaire (Réserve spéciale) . . .		10 000 »
7° Les travaux en cours sur l'immeuble		14 300 »
Avoir de la Société.		649 166 88
TOTAL	Fr.	1 350 386 44

Selon la méthode que nous avons toujours suivie dans les états financiers que nous avons déjà eu l'honneur de vous exposer, nous allons examiner successivement les divers articles du Bilan.

1° ACTIF :

Le compte *Fonds inaliénable* s'est augmenté de 97 134,40 *f*, représentant le solde, après paiement des frais, du montant du legs à nous fait par feu M^me^ de Hennau, veuve de notre regretté Collègue, décédé lui-même en 1893.

Les intérêts de cette somme, s'élevant chaque année à 2 882 *f*, viendront augmenter d'autant nos ressources annuelles.

Nous pensons être votre interprète fidèle en adressant ici, encore une fois, un hommage reconnaissant à nos généreux bienfaiteurs dont nous espérons voir souvent suivre l'exemple.

Nous exprimons aussi nos plus vifs remerciements à nos Collègues, MM. G. Canet, Loreau, Grosdidier, Lecerf, Laval et Meyrueis qui ont généreusement fait à notre Société des dons volontaires, s'élevant ensemble à 551 francs.

Les comptes *Caisse*, *Débiteurs divers*, *Bibliothèque*, *Valeurs amortissables*, n'appellent aucune observation.

BILAN AU 30 NOVEMBRE 1899

ACTIF

1° Fonds inaliénable :			
a. Legs Meyer (nue propriété) . . . . . Fr.	10 000 »		
b. Legs Nozo, 19 obligations du Midi	6 000 »		
c. Legs Giffard, 131 » »	50 372,05		
d. Fondation Michel Alcan, 1 titre de rente 3 0/0.	3 730 »		
e. Fondation Coignet » »	4 285 »		
f. Fondation Couvreux, 11 obligations du Midi. .	4 857,75		
g. Don anonyme	6 750 »		
h. Legs Roy	873,50		
i. Legs de Hennaü	97 134,40		
		184 002,70	
2° Caisse : Solde disponible . . . . . Fr.		3 712,50	
3° Débiteurs divers :			
Cotisations 1899 et années antérieures (après réduction d'évaluation de 50 0/0)	6 300 »		
Obligations, banquiers et comptes de dépôt . .	53 440,26		
Divers.	595 »		
		60 335,26	
4° Valeurs amortissables. . . . . . Fr.		2 500 »	
5° Bibliothèque : Livres, catalogues, etc.		11 000 »	
6° Immeuble :			
Mobilier ancien . . . . . Fr.	6 500 »		
Terrain et frais.	398 660,30		
Terrasse	10 108 »		
Maçonnerie, sculpture, marbrerie	169 680,40		
Charpente, fer et bois	130 879,94		
Ascenseur, monte-charges, plancher mobile. . .	19 820,95		
Canalisation, pavage et divers	12 133,36		
Couverture et plomberie.	28 794,40		
Fumisterie.	30 151,75		
Serrurerie.	57 800,48		
Menuiserie, parquets	62 325,42		
Peinture, vitrerie.	30 435 »		
Installation gaz et électricité, appareillage . . .	36 532,23		
Ameublement et matériel.	47 219,54		
Divers Hôtel.	2 090 »		
Honoraires.	31 404,21		
Travaux Immeuble	14 300 »		
		1 088 835,98	
	Fr.	1 350 386,44	

PASSIF

1° Créditeurs divers :			
Impressions, planches, croquis, divers travaux en cours . . . . . Fr.	4 508,31		
Créditeurs divers.	49 220,75		
		53 729,06	
2° Prix divers 1900 et suivants :			
a. Prix Annuel . . . . . Fr.	Mémoire.		
b. Prix Nozo.	820,80		
c. Prix Giffard 1899, prorogé 1902	5 000 »		
d. Prix Giffard 1902	1 257,60		
e. Prix Michel Alcan	270 »		
f. Prix François Coignet	300 »		
g. Prix Alphonse Couvreux	158,40		
		7 806,80	
3° Emprunt		600 000 »	
4° Coupons échus et à échoir :			
N°s 1 et 2. Échéance du 1er janvier 1897 . . Fr.	79 »		
N° 3. — 1er juillet 1897.	64,65		
N° 4. — 1er janvier 1898. . . .	93 »		
N° 5. — 1er juillet 1898. . . .	281,95		
N° 6. — 1er janvier 1899 . . .	346,60		
N° 7. — 1er juillet 1899. . . .	3 109,55		
N° 8. — 1er janvier 1900 . . .	11 008 »		
		14 982,75	
5° Fonds de secours . . . . . Fr.		400,95	
6° Souscription Cinquantenaire (réserve spéciale).		10 000 »	
7° Immeuble. Travaux en cours sur ledit . . . . . Fr.		14 300 »	
	Fr.	701 219,56	
Avoir de la Société.		649 166,88	
	Fr.	1 350 386 44	

Vous remarquerez que le compte *Frais de premier établissement*, qui figurait à notre Bilan de 1898 pour 15 269,18 *f*, a disparu. En effet, cette somme, à laquelle ne correspondait aucune augmentation d'Actif, a été amortie au cours du présent exercice, conformément à la décision de l'Assemblée générale du 16 décembre dernier.

Le compte *Immeuble nouveau* a subi une légère augmentation. En effet, votre Comité, dans sa séance du 14 juin, a décidé de faire effectuer dans l'immeuble, pendant les vacances qui viennent de s'écouler, des réfections et améliorations diverses très importantes s'élevant au total à la somme de 14 300 *f*.

La répartition de l'affectation de ces travaux n'est pas encore terminée; les mémoires dont nous désirons le règlement aussitôt que possible sont, en effet, entre les mains de notre Architecte. Par suite, nous avons dû ouvrir un compte particulier, tant à l'Actif qu'au Passif, en vue des écritures à passer après règlement.

2° Passif :

Créditeurs divers. — Ce compte comprend principalement les prêts spéciaux dont vous a parlé le rapport au 31 mai dernier. Il n'a subi que de légères variations ne faisant l'objet d'aucune remarque spéciale.

Prix divers. — Le *Prix Giffard 1899* n'a pas été décerné. Votre Comité en a décidé la prorogation jusqu'en 1902, avec affectation d'une somme de 5000 *f*.

En outre, dans la même année, sera aussi décerné le Prix Giffard 1902, s'élevant à 3 000 *f*.

Les sujets de concours de ces prix ont été portés à votre connaissance dans la séance du 1er décembre courant.

Les comptes *Emprunt*, *Coupons échus et à échoir*, *Fonds de secours*, n'appellent aucune observation.

Immeuble, *Travaux en cours*. — Nous avons porté sous cette rubrique les travaux dont nous avons parlé plus haut et non encore réglés.

Cinquantenaire, *Réserve spéciale*. — Ce compte nous amène à parler du projet relatif à l'Exposition.

Une Commission spéciale a été nommée en vue de proposer au Comité les mesures relatives aux dépenses et frais divers que doivent occasionner, en 1900, aussi bien l'Exposition que les diverses réceptions auxquelles elle donnera lieu de la part de notre Société.

Cette Commission a étudié divers projets et aura sous peu terminé son rapport.

Le point important est que les mesures prises seront telles que notre Société pourra très probablement, avec ses seules disponibilités, faire face aux dépenses projetées, sans recourir, comme cela a eu lieu en 1889, à un emprunt spécial.

De la comparaison du Bilan actuel avec celui de l'année dernière, il ressort que :

L'*Avoir* est, au 30 novembre 1899, de . . . . . Fr.	649 166	88
alors qu'il était, au 30 novembre 1898, de	539 515	22
Il a, par suite, augmenté, durant cet exercice, de. Fr.	109 651	66
Toutefois, dans ce chiffre, le legs de Hennaü figure pour une somme de.	97 134	40
Il reste donc en réalité un excédent net de. . . . Fr.	12 517	26
Mais nous avons, en cours d'exercice, et conformément à la décision de l'Assemblée générale du 16 décembre 1898, amorti entièrement le compte Frais de premier établissement pour.	15 269	18
Par suite, l'excédent net s'est élevé, cette année, à Fr.	27 786	44
Il est donc supérieur de. . . . . Fr.	3 886	»
à celui de 1898, qui ne s'élevait qu'à.	23 900	43

De plus, nous avons, comme les années précédentes, fait face au service des coupons de l'emprunt qui représentent une charge annuelle de 24 000 *f*; cette charge est d'ailleurs largement couverte par le produit des locations des salles de notre immeuble. Je suis heureux, à cette occasion, de vous signaler le zèle de notre actif Secrétaire administratif, M. de Dax, et du dévoué personnel appointé qu'il dirige.

Si les conditions actuelles ne se modifient pas, nous pouvons compter effectuer le remboursement, d'ici à 1902, des créances spéciales s'élevant à 45 000 *f*, et faire face aux dépenses relatives à l'Exposition de 1900. Nous comptons également faire face aux dépenses dues à différentes améliorations dont M. le Président vous entretiendra bientôt.

Ainsi, Messieurs, la situation est bonne: parmi les nombreuses Sociétés étrangères qui répondront à notre invitation l'année prochaine, je suis convaincu que beaucoup pourraient envier notre présent et, je l'espère, notre avenir, si nous continuons à mener nos affaires avec discernement et sagesse.

M. le Président fait remarquer qu'il résulte de la lecture du rapport annuel sur la situation financière de la Société que cette situation est fort satisfaisante, attendu que, d'une part, nous avons augmenté notre fonds inaliénable d'une somme de 97 134,40 *f*, provenant du legs de M^me^ de Hennaü et que, d'autre part, l'excédent net de nos recettes sur nos dépenses a été cette année de 27 786,44 *f*, en augmentation de 3 886 *f* sur celui de l'année dernière.

Il demande si quelqu'un a des observations à présenter.

Personne n'ayant demandé la parole il met aux voix l'approbation des comptes tels qu'ils ont été arrêtés au 30 novembre 1899.

Les comptes sont adoptés à l'unanimité.

M. le Président propose d'adresser de vifs remerciements à M. de Chasseloup-Laubat, trésorier.

Cette proposition est votée par acclamation.

Il est ensuite procédé aux élections des Membres du Bureau et du Comité pour l'Exercice 1900.

Ces élections donnent les résultats suivants :

BUREAU

Président : M. CANET, G.

Vice-Présidents :	*Secrétaires :*
MM. BAUDRY, Ch.	MM. JANNETTAZ, P.
SALOMON, L.	COURTOIS, G.
BADOIS, E.	SOREAU, R.
MESUREUR, J.	PÉRISSÉ, L.

Trésorier : M. DE CHASSELOUP-LAUBAT, L.

COMITÉ

MM. COURIOT, H.	MM. BAIGNÈRES, G.
ROGER, P.	BERT, E.
MALLET, A.	GALLOIS, Ch.
BOUGENAUX, E.	BODIN, P.
RICHOU, G.	PÉRIGNON, E.
ARBEL, P.	BIVER, A.
REYNAUD, G.	CASALONGA, D.-A.
LANGLOIS, M.-L.	GASSAUD, P.
PETIT, G.	PETTIT, M.-G.
MOREAU, A.	CHEVALIER, H.
COISEAU, L.	HILLAIRET, A.
LAVEZZARI, A.	PONTZEN, E.

Le Secrétaire,
GEORGES COURTOIS.

TAMPONS POUR L'OBTURATION AUTOMATIQUE DES TUBES DE CHAUDIÈRES AQUATUBULAIRES EN CAS DE RUPTURE [1]

PAR

M. A. JANET

Les divers types de chaudières aquatubulaires ont pu avec assez de justesse être désignés sous le nom de chaudières inexplosibles, étant donné qu'il n'y a plus à craindre, avec leur emploi, des explosions à grands effets dynamiques, comme celles auxquelles donnaient parfois lieu les chaudières des anciens systèmes.

Toutefois, divers accidents ont conduit à reconnaître qu'elles présentent, elles aussi, certains dangers. En cas de rupture de tubes, de projection de bouchons, qui sont, en somme, les deux avaries les plus fréquentes, un volume considérable de vapeur peut envahir une chaufferie et causer au personnel des brûlures parfois mortelles sans qu'il y ait de grands dégâts matériels.

Il est juste de reconnaître que ces dangers ont été fortement atténués par l'emploi de portes de foyers et de cendriers à charnière horizontale, ouvrant de dedans en dehors et, par suite, tendant à se fermer en cas d'un afflux de vapeur allant de la chaudière à la chaufferie.

Mais il est des cas où cette protection devient absolument insuffisante, sinon contre les conséquences immédiates de l'accident, du moins contre ses suites à brève échéance.

Considérons, par exemple, le cas d'un petit bâtiment, tel qu'un torpilleur, muni d'une seule chaudière à tubes de diamètre assez faible pour que la rupture de l'un d'eux ne puisse en rien menacer le personnel. Il n'en est pas moins vrai que la pression va tomber, la chaudière se vider, et que le bâtiment se trouvera pendant un temps plus ou moins long à la merci de la mer, ce qui peut amener sa perdition et celle de tout l'équipage, soit qu'il vienne en travers à une grosse houle, soit qu'il se voie jeté à la côte.

(1) Voir à ce sujet le procès-verbal de la séance du 1er décembre 1899, page 752.

C'est précisément la considération de pareils cas qui a conduit mon ancien collègue des Constructions Navales, M. Ravier, Ingénieur de la Marine, à expérimenter son système, d'une grande simplicité de principe, que je vais brièvement décrire.

Considérons, par exemple, une chaudière dans laquelle les tubes soient voisins de l'horizontale. Plaçons devant chaque tube un corps de forme hémisphérique muni d'une tige s'engageant dans le tube : une tringle courant devant une rangée de tubes empêche ces objets ou tampons de tomber *(fig. 1)*.

Il est évident que, si le tube représenté dans la figure vient à se rompre, le courant violent d'eau et de vapeur qui s'y précipitera par les deux extrémités, entraînera les tampons et les appuiera énergiquement contre les extrémités du tube qui se trouvera ainsi absolument obturé, et la chaudière pourra continuer à fonctionner sans que le personnel ait couru de grands dangers, puisque l'afflux de vapeur dans la chambre de chauffe est supprimé du même coup.

Ce dernier résultat est atteint avec des fermetures même assez

Fig. 1.

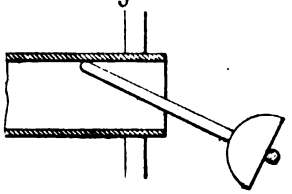
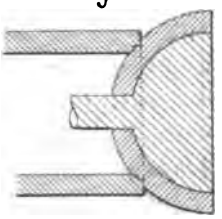


Fig. 2



imparfaites, mais pour que la chaudière puisse continuer à fonctionner, il faut obtenir une étanchéité suffisante dans le joint formé par le tube et le tampon. Or, quel que soit le soin avec lequel on puisse construire les tampons, il arrive souvent que les extrémités des tubes présentent des dépôts, des bavures, des irrégularités qui empêcheraient le tampon de porter exactement. C'est pour obvier à cet inconvénient que nous construisons des tampons désignés sous le nom de « compound », dans lesquels un corps en métal dur (fer, fonte, acier, bronze) est recouvert d'une couche de métal plastique tel que du plomb. Sous l'action du choc violent et de la forte pression consécutive, le plomb s'écrase, au moment du fonctionnement, contre les irrégularités du bord du tube et assure la parfaite étanchéité *(fig. 2)*.

Ceci n'est pas une vue théorique, mais un fait que la pratique

a sanctionné. Je citerai à ce sujet le cas du torpilleur 134, de la Défense mobile du port de Toulon, sur lequel une rupture d'un tube de chaudière Du Temple avait amené le fonctionnement de ses deux tampons compound. L'obturation a été tellement parfaite, que non seulement on a continué, le jour de la rupture, à naviguer sans incident, mais encore on a pu, le lendemain, rallumer les feux et sortir à nouveau sans réparer le tube que ses tampons maintenaient hermétiquement bouché.

La mollesse du plomb a, d'ailleurs, comme dans tous les cas semblables, permis de retirer à la main, sans la moindre difficulté, les tampons en question quand on a changé le tube.

On pouvait craindre *a priori* deux ordres d'inconvénients dans l'emploi de ces tampons. Il y avait lieu de se demander tout d'abord si l'on ne les verrait pas fonctionner intempestivement, ce qui, arrêtant l'entrée de l'eau dans un tube par une de ses extrémités, exposerait celui-ci à un coup de feu. Or les courants qui règnent, même accidentellement, dans une chaudière, correspondent à des pressions de quelques mètres d'eau, tandis que l'afflux brusque lors d'une rupture s'établit sous une charge d'au moins 5 à 6 *kg* par centimètre carré. On peut donc régler dans des limites très étendues le poids du tampon pour être sûr de son fonctionnement en cas de rupture et de son immobilité dans tout autre cas.

En second lieu, on pouvait se demander si la présence de ces corps étrangers dans la chaudière ne faciliterait pas la production de dépôts qui en paralyseraient le fonctionnement en temps opportun. La pratique nous a montré qu'il n'en était rien et cependant nos tampons ont été employés tant sur des chaudières dans lesquelles la réparation de fuites au condenseur a obligé d'introduire de l'eau de mer, que sur des chaudières d'atelier alimentées avec l'eau calcaire de la ville de Toulon.

La figure 1 n'a pu donner qu'une disposition particulière prise comme exemple. Il est évident que nous étudions, pour chaque type de chaudière, le tracé le plus convenable eu égard aux particularités de ce type, en ayant soin de disposer les tampons de manière à ne pas gêner la circulation. A titre d'exemple, la figure 3 donne les dispositions employées sur une chaudière Oriolle.

En principe, il y aurait lieu de mettre un tampon à chaque extrémité de chaque tube, mais il y a des cas où la chose n'est pas possible. Par exemple, dans le cas d'une chaudière Belleville,

on se contentera de mettre un tampon en haut et en bas de chaque élément. Dans les applications que nous avons faites, nous avons été conduits à faire le tampon du haut en forme de clapet à portage sphérique, oscillant, à charnière ouverte, sur une pièce évidée logée dans le fond de la boîte, ce clapet étant, pour en per-

Fig. 3.

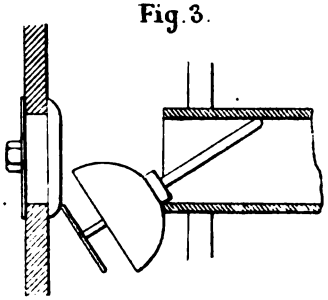


Fig. 4.

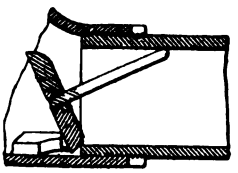
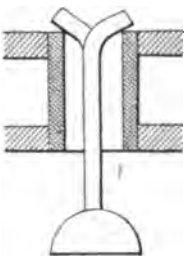


Fig. 5



mettre l'introduction, exécuté en deux parties traversées par la tige *(fig. 4)*.

Quant au tampon du bas, il a la forme hémisphérique et se trouve suspendu dans l'arrivée d'eau par une tige en Y dont une branche est démontable *(fig. 5)*.

Dès les premières études de M. Ravier sur cette question, le département de la Marine en a suivi attentivement les résultats. On a commencé par des expériences faites à terre sur des appareils de démonstration dans lesquels on simulait une rupture en ouvrant un robinet sur une branche greffée à cet effet sur le tube en question.

On a ensuite installé les tampons dans des chaudières d'atelier pour en suivre le fonctionnement en service; après quoi, divers torpilleurs et remorqueurs en ont été munis. On peut dire actuellement qu'ils sont en usage continu depuis dix-huit mois, à la satisfaction des services qui les emploient.

TRACTION MÉCANIQUE

SUR RAILS ET SUR ROUTES

POUR LES TRANSPORTS EN COMMUN

PAR

MM. L. PÉRISSÉ et R. GODFERNAUX

AVANT-PROPOS

La question des transports en commun dans les villes a été, depuis longtemps déjà, l'objet des plus vives préoccupations de la part des municipalités. Pour Paris, en particulier, la solution de cet intéressant problème se pose de jour en jour d'une façon plus impérieuse, en raison de l'accroissement incessant de la circulation, que rendra plus active encore l'Exposition Universelle de 1900.

Seule, de l'avis de tous, la traction mécanique, par sa rapidité, son confort et son bon marché, est en mesure de fournir une solution satisfaisante, et l'on est en droit de regretter la lenteur avec laquelle s'opère la transformation des lignes existantes et l'établissement de lignes nouvelles. C'est ainsi qu'en 1898, à la Compagnie des Omnibus, pour ne citer que cette Compagnie, une somme de 500 000 *f* seulement a été consacrée à l'extension de la traction mécanique, alors que le nombre des voyageurs transportés a augmenté, pendant la même année, d'un peu plus de dix millions.

Cet état stationnaire, dont le public souffre chaque jour davantage, tient à diverses causes dans le développement desquelles nous ne pouvons entrer. Il tient surtout, il faut bien le dire, à ce que la Compagnie des Omnibus, voit venir à grands pas le terme de ses concessions (1905 et 1910) et que, craignant de ne pas obtenir leur renouvellement, elle se trouve, par ce fait, dans l'impossibilité de réaliser le vaste programme qu'elle a étudié depuis quelques années et qui nécessite un capi-

tal considérable, dont l'amortissement exige de longues années d'exploitation.

Quoi qu'il en soit, il y a tout lieu d'espérer que cette situation critique recevra une prompte solution et que, d'ici à très peu de temps, la substitution de la traction mécanique à la traction animale sera réalisée sur toutes les lignes de tramways existantes et que les vingt lignes nouvelles, dites de pénétration, qui vont être ouvertes, consacreront désormais le triomphe définitif de ce nouveau moyen de transport.

Bien des raisons plaident, d'ailleurs, en faveur de la traction mécanique pour le transport en commun dans les villes : l'intérêt du public d'abord, qui, comme nous l'avons dit, y trouve le confort et la rapidité; l'intérêt des Compagnies concessionnaires ensuite qui, par son adoption, se mettent à l'abri des variations souvent considérables du prix des fourrages et des difficultés de recrutement d'une bonne cavalerie, toujours exposée à des épidémies redoutables (1). Elle augmente également leurs recettes, par suite de l'accroissement de capacité de transport de la ligne.

Voici, à titre d'exemple, le montant des recettes du 1er janvier au 15 septembre 1899, comparativement aux recettes du même laps de temps en 1898 :

	1898.	1899.	Augmentation.
Omnibus . . . . Fr.	18 112 860,50	19 022 682,75	909 822,25
Tramways à traction animale .	11 526 724,40	11 925 694,00	398 969,60
— — mécanique.	3 647 090,05	4 145 682,80	498 592,75
TOTAUX. Fr.	33 286 674,95	35 094 059,55	1 807 384,60

C'est de cette question si importante et si actuelle de la traction mécanique pour le transport en commun que nous allons entretenir ce soir la Société.

En 1895, M. de Marchena présenta une étude très complète sur la traction mécanique des tramways, qui a donné lieu à une discussion des plus intéressante. Depuis 1895 la Société s'est peu occupée de cette question, quoique, dans ces dernières années, des progrès importants aient été réalisés dans tous les pays.

Nous n'avons nullement l'intention de revenir sur les discussions de 1895; nous prendrons, au contraire, les communications

(1) En 1895 et 1896, la *morve* a fait perdre à la Compagnie générale des Petites Voitures 2 392 chevaux, représentant une valeur de 1 702 742 *f.*

de M. de Marchena comme base de notre étude et nous montrerons à nos Collègues les améliorations apportées, depuis cette époque, dans les différentes façons de résoudre l'intéressant problème des transports en commun dans les villes, au moyen des tramways mécaniques.

Nous exposerons également les progrès les plus récents de l'automobilisme, en ce qui concerne les voitures lourdes destinées aux transports en commun.

Mais, avant d'aborder complètement notre sujet, nous croyons devoir indiquer les conditions que doit remplir, selon nous, un tramway urbain, pour satisfaire, aussi largement que possible, les besoins du public d'une grande ville, tout en rendant son exploitation rémunératrice.

Pour le public l'idéal se résume dans ces deux conditions primordiales : *départs fréquents et durée de parcours aussi courte que possible.* Mais il faut aussi que ce mode d'exploitation reste rémunérateur pour la Compagnie exploitante et que le nombre de places occupées dans chaque voiture soit toujours, au moins, le tiers ou les deux cinquièmes du nombre des places offertes. C'est là une question d'espèce, à étudier pour chaque ligne, qui permettra de fixer et la fréquence et la capacité de la voiture.

Il n'en est pas moins vrai que la capacité doit être modérée, variant entre 30 et 35 places, permettant l'emploi de voitures légères, tout au moins comme caisse, sans tenir compte des appareils moteurs dont le poids dépend du mode de traction employé.

L'accès doit en être facile et se faire, soit par les deux plates-formes extrêmes de la voiture, soit par une ouverture médiane, comme dans certains types de construction récente. L'issue des voyageurs descendants doit être, autant que possible, différente de celle des voyageurs montants. Enfin, le plancher ne doit pas être trop élevé, afin de diminuer le nombre des marches donnant accès dans la voiture.

La réalisation de ces desiderata sera souvent, nous le reconnaissons volontiers, difficile, et présentera la plupart du temps des complexités. Mais, à notre avis, c'est vers cet idéal qu'il faut tendre si l'on veut retirer d'un réseau de tramways tout le bénéfice qu'on est en droit d'en attendre et donner satisfaction au public.

Nous avons dit que la durée du parcours doit se faire dans le moins de temps possible ; cela implique différentes conditions essentielles à remplir :

1° L'accès des voitures doit être facile, ce qui entraîne la suppression des impériales qui sont toujours une cause de gêne et occasionnent des arrêts prolongés;

2° Les arrêts ne doivent pas dépasser 25 à 30 secondes, ce qui ne pourra avoir lieu qu'en supprimant les *correspondances* et les contrôles fixes qui en sont la conséquence;

3° Les points d'arrêts doivent être fixes et aussi nombreux qu'il le faut pour recueillir le public, mais les voitures ne doivent pas s'arrêter à la demande d'un voyageur entre les stations. Il ne peut y avoir ni rapidité, ni régularité dans la marche, tant qu'on s'obstinera à confondre un service public avec le transport à domicile.

On augmentera ainsi la vitesse moyenne, tout en diminuant la dépense de force motrice par kilomètre-voiture. Malheureusement, cette dernière restera toujours soumise à l'augmentation inévitable due aux arrêts et ralentissements résultant des encombrements dans les artères très fréquentées. Pour l'éviter il faudrait, comme dans certaines villes américaines, notamment à Boston, faire passer en certains endroits le tramway en souterrain, au-dessous de ces artères à trafic intense. Mais les remaniements des égouts et des canalisations, la présence du Métropolitain, les difficultés d'accès aux stations souterraines, ainsi que les dépenses d'établissement, empêchent d'avoir recours chez nous à ce moyen radical.

Pour obtenir une vitesse moyenne de 12 *km*, qu'il semble raisonnable de ne pas dépasser dans l'intérieur d'une grande ville, il faut des démarrages rapides, ne dépassant pas 10 à 15 secondes, ce qui nécessite des moteurs puissants et une adhérence suffisante.

A ce point de vue, la traction électrique dans une grande ville, avec conducteur soit aérien, soit plutôt souterrain ou avec contact au niveau du sol, présente certains avantages. Car alors les dynamos génératrices, surtout lorsqu'on fait usage d'accumulateurs, peuvent suffire amplement à ces accélérations rapides, tout en ne nécessitant ni des appareils moteurs lourds et volumineux, ni, comme dans certains modes de traction, d'autres appareils destinés à contenir la réserve d'énergie et qui, tout en étant encombrants, sont lourds et d'une installation difficile sur la voiture.

La voiture automotrice, en opposition à la locomotive remorquant plusieurs véhicules, paraît tout indiquée pour la traction

urbaine. Elle est économique, par suite de la réduction du poids mort comparé au poids utile transporté et elle a une adhérence suffisante, puisqu'on peut utiliser le poids total de la voiture et des voyageurs. Cette question de l'adhérence a une véritable importance dans les grandes villes, notamment à Paris où, en outre de rampes souvent assez accentuées, l'état atmosphérique influe énormément sur l'état des chaussées, à tel point que, suivant cet état atmosphérique, telle voiture automotrice pouvant, à certains moments, remorquer plusieurs voitures sur une rampe de 50 *mm*, pourra, dans d'autres, à peine se remorquer elle-même sur cette même rampe.

C'est, du reste, l'exploitation par automotrice qui, non seulement à Paris, mais aussi dans les autres grands centres, soit en France, soit à l'étranger, semble avoir définitivement pris droit de cité pour la traction urbaine.

En cas d'affluence momentanée, soit régulière, soit passagère, elle rend plus avantageux, par suite de son poids mort mieux utilisé, l'usage des voitures de remorque qui, tout en accroissant la capacité de transport, n'augmente guère par voiture remorquée, que de 50 0/0 la dépense d'énergie et les frais de personnel.

Ce n'est, à notre avis, que dans des cas exceptionnels, sur des lignes à trafic très intense, que la voiture à 50 places à bogie et toujours sans impériale, pourrait raisonnablement trouver sa place. Là encore la voiture de remorque, par l'emploi de moteurs suffisamment puissants, viendrait en aide au moment d'une affluence exceptionnelle et momentanée.

Pour répondre au but qu'on veut atteindre, l'automotrice doit remplir certaines conditions. Elle ne doit incommoder ni les voyageurs ni le public de la rue par du bruit, des odeurs, des dégagements de fumée ou de vapeur ; elle doit passer facilement dans des courbes dont le rayon descend jusqu'à 15 *m*; elle doit être capable de circuler à une vitesse moyenne de 12 *km* à l'heure arrêts compris, et d'aborder des rampes de 50 *mm* par mètre en remorquant une voiture d'attelage. L'automotrice doit être, autant que possible, symétrique, afin d'éviter aux terminus, les plaques tournantes, les voies en boucle ou les triangles, dispositifs coûteux et gênants pour la circulation.

Les systèmes d'exploitation par trains, en opposition aux automotrices, conviennent en dehors des villes, lorsque les parcours ont une certaine longueur, ou lorsque la ligne réunit deux centres entre lesquels il y a peu de voyageurs à prendre ou à

laisser, ou bien encore, pour le service de la banlieue des grandes villes, où l'affluence des voyageurs n'existe en semaine que le matin et le soir.

L'agent qui produit la puissance dans les tramways mécaniques est, suivant le cas, la vapeur, l'air comprimé, l'électricité, pour ne citer que les principaux. Mais l'énergie produite par ces agents et destinée à la propulsion des voitures peut être employée de diverses manières; de là différents systèmes de traction.

Nous avons donc classé les divers systèmes de traction mécanique, en prenant comme point de départ le mode de production ou de transmission de l'énergie, parce que ce classement met en parallèle des systèmes comparables entre eux dans une certaine mesure.

Dans une *première classe*, nous avons placé les tramways producteurs de leur énergie. Celle-ci sera, en général, la vapeur, et nous étudierons les différents systèmes de production de vapeur dans les machines « à feu » soit par locomotives, soit par automotrices.

Dans une *deuxième classe*, nous avons classé les systèmes où l'énergie est produite dans une usine fixe, puis emmagasinée dans des réservoirs pendant les arrêts. Nous pouvons citer dans cette catégorie les véhicules à vapeur surchauffée ou locomotives sans foyer, les tramways à air comprimé, les tramways à gaz de ville comprimé, les tramways électriques à accumulateurs. Pour ces véhicules, on se trouve dans l'obligation, au bout d'un certain parcours, de renouveler à un poste de chargement la provision d'énergie mécanique dépensée en cours de route.

Nous avons considéré, dans une *troisième classe*, le cas où l'énergie est produite dans une usine fixe, mais distribuée aux véhicules pendant leur marche, c'est-à-dire au fur et à mesure de leurs besoins. Les systèmes qui rentrent dans cette catégorie sont les tramways funiculaires et les tramways à distributions électriques; celles-ci se faisant, soit par conducteurs aériens, soit par conducteurs souterrains, soit encore par contacts successifs à fleur de sol.

Enfin, dans la dernière et *quatrième classe*, il convient de citer les véhicules à système mixte qui procèdent ordinairement de la deuxième et de la troisième classe.

En ce qui concerne les véhicules sur routes, nous traiterons la question des automobiles pour transports en commun, en indiquant les principaux services en fonctionnement; nous

passerons ensuite en revue les différents systèmes qui ont montré pratiquement qu'ils étaient capables d'un service régulier. Ces véhicules se ramènent à deux catégories : les omnibus automobiles et les trains automobiles. Enfin nous donnerons quelques indications sur les éléments qui doivent servir de base à l'étude des prix de revient de ces transports.

Tels sont les différents points de l'étude que nous avons l'honneur de présenter aujourd'hui à la Société.

PREMIÈRE PARTIE

VÉHICULES SUR RAILS

1re Classe.

Véhicules producteurs d'énergie.

Les véhicules producteurs d'énergie sont les véhicules à vapeur qui portent une chaudière à foyer productrice de cette vapeur. Cette classe comprend :

A. — Les locomotives à vapeur;
B. — Les automotrices Rowan;
C. — — Serpollet;
D. — — Purrey.

On peut ajouter, également, les véhicules sur rails mus par mélange explosif d'air et d'essence de pétrole, tels que les tramways Daimler qui rentrent dans cette catégorie. Signalons également le système à vapeur Kinetic qui a reçu quelques applications aux États-Unis.

A. — Locomotives a vapeur.

En dehors des villes, on emploie avec avantage les locomotives à vapeur pour la traction des tramways. Celles-ci sont d'un type spécial pour éviter, notamment, les retournements aux extrémités, les organes sont enfermés dans des boîtes protectrices, les cheminées sont agencées pour éviter les incendies, etc.

Parmi les exemples pris dans la banlieue de Paris, nous citerons le tramway de Paris à Saint-Germain, qui emploie de Courbevoie à Saint-Germain les locomotives à vapeur.

Un type très analogue est également employé par la Compagnie

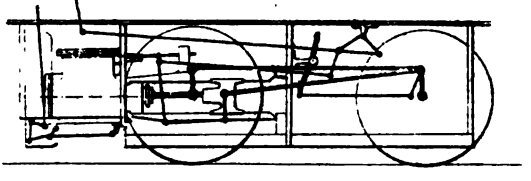
du chemin de fer de Paris à Arpajon pour son service de nuit dans Paris. Nous en donnons un schéma. Voici les principales caractéristiques de ces machines *(fig. 1 et 2. Pl. 226)*.

Poids de la locomotive à vide	14 *t*
— — en charge complète .	17 *t*
Adhérence à moitié charge	15,5 *t*
Surface de chauffe totale	28 m^2
Surface de grille	0,70 *m*
Pression de la vapeur	12 *kg*
Dimension de la machine	D = 290 *mm* C = 320 *mm*
Diamètre des six roues motrices	0,85 *m*
Puissance de traction $0{,}65\frac{pd^2l}{D}$	2 470 *kg*
Longueur	6,40 *m*
Largeur	2,10 *m*
Hauteur maximum	3,35 *m*

La Compagnie du chemin de fer de Paris à Arpajon emploie en dehors de Paris, pour la traction de ses trains un type de machine plus fort pesant 25 *t* en charge. L'exploitation se fait avec 18 de ces locomotives.

La maison Pinguely de Lyon, parmi bien d'autres, construit également des locomotives de tramways à mouvements complètement enfermés; ce type est en fonctionnement sur le réseau de la Compagnie des tramways à vapeur de l'Aude, sur celui des tramways de Saumur, etc.

Fig. 1. Truck à vapeur Pinguely



On peut citer également, parmi les locomotives à vapeur, les trucks à vapeur du même constructeur qui sont employés sur la ligne de Versailles à Maule. Il s'agit de véritables petites locomotives à vapeur munies d'une chaudière verticale et actionnées par une machine des plus simples *(fig. 1)*. Sur ces bogies moteurs viennent s'appuyer des caisses à un seul truck à l'arrière

dont une partie du poids se trouve ainsi reportée sur le truck d'avant et en augmente l'adhérence.

Voici les principales caractéristiques de ces trucks moteurs:

Poids à vide du truck et de la voiture. . . .	14 300 *kg*
Poids en ordre de marche avec la voiture . .	20 750 *kg*
Effort de traction.	1 768 *kg*
Poids adhérent.	15 300 *kg*
Surface de chauffe totale	18,4 m^2
Surface de grille	0,38 m^2
Dimension des cylindres	D = 250 *mm* C = 370 *mm*
Diamètre des roues.	0,85 *m*

Il s'agit, en somme, d'un système intermédiaire entre la locomotive et l'automotrice à truck interchangeable, système Rowan, que nous allons étudier.

B. — Système Rowan.

Les automotrices Rowan se composent d'une caisse reposant à l'avant sur un bogie moteur à deux essieux et à l'arrière sur un bogie à un seul essieu relié au premier par un système articulé facilitant le passage dans les courbes. Les longerons qui supportent la caisse et reposent sur les chemins circulaires du bogie avant, peuvent être soulevés, au moyen d'un vérin, et séparés du bogie qui, alors, peut être retiré sans difficulté, afin de faire à l'appareil moteur et à la chaudière les réparations nécessaires.

Les voitures Rowan *(fig. 1, Pl. 227)* n'ont pas d'impériale, mais ont généralement deux plates-formes, l'une derrière la machine, l'autre à l'arrière de la voiture.

La Compagnie générale des Omnibus de Paris possède quatorze de ces automotrices; le nombre des places offertes est de 43. (21 sur les plates-formes et 22 à l'intérieur.)

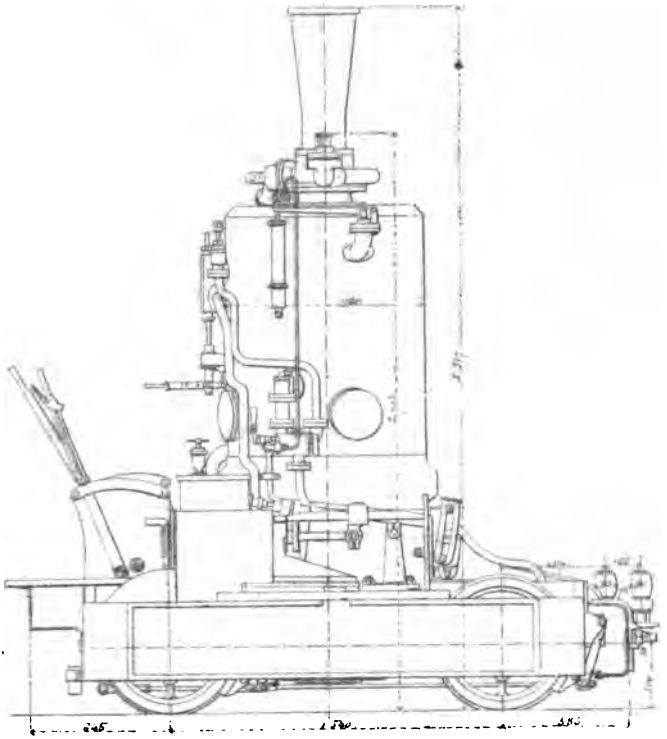
La longueur totale de la voiture est de 9,30 *m* et la distance de l'essieu d'arrière à l'axe du bogie est de 5,68 *m*.

Le poids total en charge peut se décomposer comme suit:

Caisse.	3 500 *kg*
Châssis, moteur et bogie.	8 000
Voyageurs.	3 150
Total.	14 650 *kg*

La chaudière *(fig. 2)*, placée sur le bogie d'avant, est verticale. Son enveloppe extérieure est cylindrique et en deux parties, ce qui permet le nettoyage ; quant au foyer il est également cylindrique et recouvert par un parallélépipède de forme rectangulaire traversé par des tubes faiblement inclinés, au travers desquels circule l'eau de la chaudière ; ceux-ci sont chauffés extérieurement par les gaz chauds du foyer.

Fig. 2. Chaudière et appareil moteur.



Les tubes d'une longueur de 0,565 *m* et de 38 *mm* de diamètre extérieur sont au nombre de 131 et donnent avec le foyer une surface de chauffe de 10,45 m^2. La surface de la grille est de 0,45 m^2, le timbre de 16 *kg*, et le volume d'eau contenu dans la chaudière de 400 *l*.

Les chaudières, chauffées au coke, ont une vaporisation active, même au tirage naturel, qui est celui généralement employé. Avec le tirage forcé elles peuvent produire jusqu'à 90 *kg* de vapeur par mètre carré de surface de chauffe.

Les moteurs, au nombre de deux, disposés latéralement à la chaudière *(fig. 2)* sur le bogie, transmettent le mouvement des pistons aux roues motrices par l'intermédiaire d'un balancier. La distribution est du système Brown, où la coulisse d'un moteur est actionnée par le balancier du second et réciproquement.

Les cylindres horizontaux ont un diamètre de 0,166 *m* et une course de 0,340 *m*; le diamètre des roues motrices est de 0,620 *m* et l'effort de traction théorique, avec une pression dans la chaudière de 14 *kg*, est de 2 115 *kg*.

A la sortie des cylindres la vapeur est évacuée, soit directement dans l'atmosphère, soit dans un condenseur à air, placé sur la voiture.

Sur les quatorze voitures en service à la Compagnie des Omnibus pour l'exploitation de la ligne Louvre-Boulogne-Saint-Cloud-Auteuil, cinq sont munies d'une chaudière semblable à la précédente, mais formée de deux corps cylindriques réunis à leur partie supérieure par une tubulure horizontale; il y a donc deux foyers. Les moteurs, également au nombre de deux, sont placés entre les deux corps de chaudière et actionnent directement un des essieux du bogie, relié au second par une bielle d'accouplement.

Cette dernière disposition n'a pas donné toute satisfaction et la Compagnie des Omnibus donne la préférence à la première : la conduite du feu est plus difficile, le mécanisme est d'un accès moins facile, le graissage est pénible et l'usure plus rapide, par suite des poussières et des escarbilles entraînées.

Signalons enfin que l'un des trucks Rowan a été muni par la Compagnie Générale des Omnibus d'un générateur tubulaire Niclausse sur lequel on procède actuellement à une série d'essais. Les dimensions d'encombrement de cette chaudière sont 1,27 *m* $\times$ 1,20 *m*.

De cette description sommaire du système Rowan, on peut conclure aux avantages suivants :

Interchangeabilité des systèmes moteurs;

Diminution du poids mort du véhicule proprement dit et meilleure adhérence;

Suppression partielle du panache de vapeur par l'emploi d'un condenseur à surface qui sert également à récupérer une partie de la chaleur.

Les inconvénients du système sont les suivants :

Mouvements de lacets résultant de la traction par le truck d'avant ;

Dissymétrie de la voiture obligeant à un retournement aux terminus, qui, en raison de la grande longueur de caisse, doit s'effectuer par voies en triangles ou en boucles.

Odeur et chaleur pouvant incommoder les voyageurs.

Applications. — Les principales applications françaises du système Rowan sont les suivantes :

1° Ligne de Tours à Vouvray (16 *km*) ne comportant que de très faibles rampes. L'exploitation se fait au moyen de 3 voitures, plus un truck moteur de rechange. Les départs ont lieu une fois par heure dans chaque sens; chaque voiture effectue, par mois, un parcours moyen de 2 600 *km* ;

2° Les voitures de la Compagnie Générale des Omnibus d'un type analogue à celles de Tours à Vouvray, font un service beaucoup plus intensif; elles font le service d'Auteuil-Boulogne et du Louvre à Boulogne (nombre de places offertes 40 à 45).

3° Les tramways d'Alger emploient également le système Rowan. Les voitures circulant sur les voies de 1 *m*, sont de 50 places et du poids de 10 *t*, en ordre de marche. Le truck moteur, qui pèse 6 *t*, comporte un seul corps de chaudière vaporisant 1 000 *l* d'eau à l'heure et timbré à 10 *kg*. Le moteur de 166 × 350 *mm* est du type à balancier; le condenseur a une surface de 120 m^2. Ces automotrices remorquent sur des rampes de 50 *mm* une voiture d'attelage à bogie contenant 40 voyageurs et des bagages.

Depuis la publication du mémoire de M. de Marchena et de notre travail sur la *Traction mécanique des tramways* en 1897, il ne semble pas que ce mode de traction ait pris d'extension. On paraît lui préférer, lorsque la vapeur est admise comme force motrice, les systèmes qui donnent une plus grande élasticité.

C. — Système Serpollet.

La chaudière à vaporisation instantanée, étudiée par M. Serpollet, est la caractéristique de ce mode de traction.

Cette chaudière est du type multitubulaire à circulation d'eau, mais l'espace réservé à cette circulation est réduit à son extrême limite. L'eau passe dans une fente étroite au milieu d'un gros tube chauffé dans un foyer et y est refoulée par une pompe

alimentaire. En présence de ce laminage, la vaporisation est instantanée et celle-ci est d'autant plus active et la pression d'autant plus élevée que la quantité d'eau en circulation est plus grande; de là une certaine élasticité permettant de faire face aux efforts variables à produire.

Les tubes ont la forme en U renversé ou la forme circulaire; ils sont en acier étampé et l'espace réservé pour la circulation de l'eau varie entre 2 et 5 *mm*. En réunissant, au moyen de raccords spéciaux à écrous, un certain nombre de ces éléments, on forme une chaudière dont la surface de chauffe dépendra du nombre d'éléments reliés ensemble.

Les éléments sont timbrés à la pression de 94 *kg*, mais la pression de marche pour les tramways ne dépasse pas généralement 25 *kg*, pression inférieure à celle qui peut être supportée par les cylindres moteurs timbrés à 35 *kg*.

Le générateur Serpollet *(fig. 3, Pl. 226)*, employé par la Compagnie Générale des Omnibus, se compose de deux faisceaux, l'un horizontal, au-dessus de la grille et soumis au rayonnement du foyer, l'autre vertical chauffé par les gaz de la combustion se rendant à la cheminée.

Les trois éléments inférieurs du faisceau horizontal sont formés de tubes concentriques, afin de donner une plus grande résistance à la pression intérieure. Les deux premières rangées du faisceau vertical sont également composées de tubes concentriques et la dernière, avant la sortie de la vapeur, est en tubes creux, dans le but de former un petit réservoir de vapeur. Afin de bien chicaner les gaz chauds, on a soin de disposer les tubes en quinconce.

Tout cet ensemble de tubes est entouré d'une enveloppe en tôle mince revêtue intérieurement de matières réfractaires, puis d'une seconde enveloppe, également en tôle, garnie d'amiante. et séparée de la première par un espace vide où circule un courant d'air, pour augmenter le refroidissement; ce courant d'air est activé par l'échappement de la vapeur des cylindres dans la cheminée avec laquelle l'espace libre communique.

La cheminée du générateur, qui débouche au niveau de la toiture de l'impériale, est également à double enveloppe garnie d'amiante.

La surface de chauffe est de 8,35 m^2 et la surface de grille de 0,40 m^2. Avec l'échappement dans la cheminée, mais sans souffleur, l'activité de la combustion est d'environ 110 *kg* de coke

par mètre carré de grille et par heure et la vaporisation de 4 à 5 *kg* d'eau par kilogramme de coke.

Avec le souffleur on peut, paraît-il, produire jusqu'à 90 *kg* de vapeur par mètre carré de surface de chauffe; mais c'est une limite extrême sur laquelle il ne faut pas compter en pratique; on peut admettre une production variant entre 30 et 80 *kg*, suivant la quantité de combustible brûlée sur la grille.

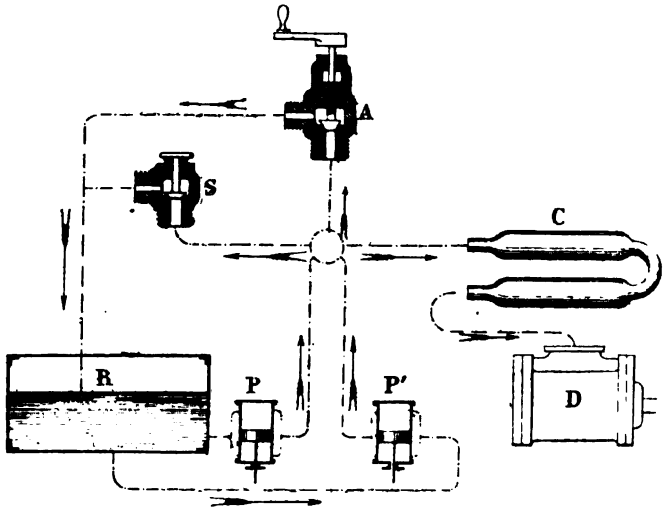
La vapeur est généralement surchauffée, en sortant de la chaudière, à une température de 250°; mais, pour cela, il faut avoir soin de maintenir dans le foyer un feu vif, et ne pas injecter une trop grande quantité d'eau dans les tubes.

La chaudière, installée sur la plate-forme avant de la voiture, contre la paroi qui la sépare du compartiment réservé aux voyageurs, a les dimensions suivantes :

Longueur dans le sens transversal	1,774 *m*
Largeur dans le sens de l'axe de la voiture. .	0,894
Hauteur	1,260

La vapeur, en quittant le générateur, se rend à l'appareil moteur. Mais comme le travail à produire varie à chaque instant,

Fig. 3. Schéma de l'alimentation.



suivant le profil de la ligne et la vitesse, il est de toute nécessité de pouvoir faire varier également la quantité de vapeur à introduire dans le générateur, suivant le travail à produire et cela par un procédé simple mis à la disposition du mécanicien.

On a, dans ce but, installé le dispositif réprésenté *(fig. 3)*. C est le générateur, D le cylindre moteur, R le réservoir d'alimentation, S une soupape de sûreté, P' une pompe d'alimentation à main et P une pompe d'alimentation automatique, actionnée par l'essieu moteur au moyen d'un excentrique, A est un appareil de réglage à la disposition du mécanicien.

Si, au moment du départ, le mécanicien actionne à la main la pompe P', l'eau du réservoir sera refoulée, comme l'indiquent les flèches, dans le générateur, puis ensuite dans le cylindre. La voiture se mettant en marche, la pompe automatique P aspire, à son tour, l'eau du réservoir et la refoule dans le générateur; la pompe à main peut donc être arrêtée.

Si la soupape dont est muni l'appareil régulateur A est fermée, toute l'eau aspirée sera refoulée dans le générateur. Comme la pompe d'alimentation est calculée pour débiter un volume d'eau supérieur au volume maximum dépensé par la machine, on comprend aisément qu'en ouvrant plus ou moins, par un dispositif quelconque, cette soupape, on puisse introduire dans le générateur et, par suite, dans le cylindre, un volume d'eau et de vapeur variable suivant les besoins. Dans ce cas, le surplus de l'eau fourni par la pompe retourne au réservoir, comme l'indique la flèche.

Dans les premières voitures Serpollet, cette manœuvre du robinet A se faisait au moyen d'une vis. Dans les nouvelles voitures, cette soupape est chargée par un levier sur lequel un ressort à boudin exerce un effort déterminé. Le ressort est attaché à un curseur dont la distance au point d'articulation est variable et réglable à volonté, de manière à faire varier la charge sur la soupape.

La soupape de sûreté, placée sur la conduite, est réglée pour la pression maximum admise dans le générateur.

L'appareil moteur des automotrices de la Compagnie Générale des Omnibus est représenté *(fig. 4, Pl. 226)*. Deux cylindres actionnent un arbre intermédiaire avec manivelles à 90°. Sur cet arbre sont fixés trois pignons dentés, entraînant, au moyen de chaînes, l'essieu d'avant et d'arrière. Les pignons, calés sur les essieux, ont un diamètre plus grand que ceux de l'arbre intermédiaire; le rapport des vitesses est de 2,5, de sorte que, à la vitesse de 12 *km*, le moteur fait 195 tours à la minute.

Afin d'éviter l'emploi de la chaîne et les inconvénients qui lui sont inhérents, on a construit quelques automotrices à action

directe, notamment pour les tramways de Cherbourg, de Lille, d'Haïti, mais ce système a été abandonné en raison de ses multiples inconvénients.

Le changement de marche se fait par le moyen d'une coulisse.

Afin de mettre l'appareil moteur à l'abri de la poussière et de la boue, on enferme celui-ci dans une caisse en tôle, mise en communication avec le cendrier du foyer, dans le but d'aspirer et de brûler les vapeurs d'huile.

Les automotrices de la Compagnie Générale des Omnibus *(fig. 2, Pl. 227)* sont au nombre de 60; les cylindres ont un diamètre de 0,160 *m*, une course de 0,150 *m*, avec un diamètre de roues motrices de 0,820 *m*.

On emploie généralement dans les cylindres une admission variant entre 50 et 55 0/0.

En service courant, il semble qu'on peut admettre une dépense de vapeur par cheval-heure indiqué de 9 *kg*.

Quelques expériences faites sur la ligne Bastille-Clignancourt (rampe moyenne de 11 *mm* par mètre) ont donné, comme dépense de vapeur par cheval-heure *effectif* :

Avec admission de 31 0/0.	6 *kg*
— 50 0/0.	6,7
— 66 0/0.	7,2

Le système Serpollet présente le grand avantage, pour la traction urbaine, d'être pratiquement inexplosible; la vapeur est obtenue à un état de surchauffe favorable à la marche et aussi à l'échappement invisible. Les organes de manœuvre sont simples à régler.

On lui reproche souvent un poids un peu excessif, et la difficulté où l'on est d'avoir de très bons mécaniciens. Certains inconvénients tels que l'odeur et le bruit n'attirent pas sur ce système la faveur du public parisien.

Les automotrices Serpollet ont été employées à Paris dès 1891 par la Compagnie des Tramways de Paris et du Département de la Seine (1). Depuis 1897 elles sont également utilisées par la Compagnie Générale des Omnibus (2), comme nous venons de le voir plus haut.

(1) Voir *Bulletin de la Société des Ingénieurs civils de France*, août 1895 (G. Lesourd).

(2) Voir : *La Locomotion automobile* 1897. Dépense de vapeur des moteurs à vapeur surchauffée système Serpollet (P. Guedon).

D. — Système V. Purrey.

La Compagnie Générale des Omnibus a mis en essai depuis deux ans des voitures automotrices à vapeur du système de M. V. Purrey de Bordeaux. Six de ces véhicules sont actuellement en circulation régulière sur la ligne Louvre-Boulogne. La Compagnie Générale des Omnibus a commandé à M. Purrey et à la Société Lyonnaise de mécanique et d'électricité, 34 nouvelles automotrices qui feront en 1900 le service des lignes Bastille-Porte Rapp et Gare de Lyon-Place de l'Alma.

Les voitures Purrey *(fig. 3, Pl. 227)* sont très analogues, comme aspect extérieur, aux voitures Serpollet : chaudière à l'avant, moteur entre les deux essieux, transmission par chaînes.

La chaudière, genre du Temple, se compose de deux collecteurs reliés d'une part par deux tubes de 35 *mm* de diamètre intérieur formant retour d'eau et soustraits à l'action du feu, et d'autre part par un faisceau tubulaire comprenant 30 tubes de vaporisation et 11 de surchauffe. Le générateur est timbré à 25 *kg;* après plusieurs expériences, l'Administration des mines a autorisé la suppression du niveau d'eau. La surface de chauffe est de 6,78 m^2, la surface de surchauffe 2,49 m^2.

La grille, de 0,42 m^2 de surface, est inclinée; elle est alimentée par une trémie latérale contenant une réserve suffisante de coke pour un parcours de 20 *km*. L'alimentation se fait par une pompe automatique et un petit cheval alimentaire ; la réserve d'eau est de 500 *l*. On emploie jusqu'à présent, sans inconvénient, l'eau de Seine.

Le moteur est à deux cylindres horizontaux, avec manivelle à 90° ; il est des plus simples; le diamètre est de 175 *mm*, la course de 162 *mm*; la vitesse de 312 tours correspond à une vitesse de marche de 15 *km* à l'heure.

La transmission se fait de l'arbre moteur aux deux essieux moteurs au moyen de 4 chaînes à tension réglable, enfermées deux à deux dans un carter. L'empattement du véhicule peut ainsi varier de 1,875 *m* à 1,925 *m* (moyenne 1,90 *m*).

Le poids total des automotrices en service est le suivant :

	Essieu AV.	Essieu AR.	Total.
	—	—	—
A vide . . . . . *kg*	6040	3200	9240
En charge . . . . *kg*	6530	6090	12620

Les avantages et les inconvénients du système Purrey paraissent être les suivants :

Avantages. — Peu d'odeur, peu de bruit, panache de vapeur réduit au minimum, allumage rapide, simplicité de manœuvre, simplicité des mécanismes et, par suite, diminution des chances d'avarie, poids moindre que les autres systèmes.

Inconvénients. — Moteur central qui nécessite la visite sur fosses; obligation pour le remplacement d'un tube d'opérer de l'intérieur de la voiture, etc.

L'expérience très importante que tente en ce moment la Compagnie Générale des Omnibus permettra seule de se faire une opinion sur la valeur réelle de ces voitures.

2e Classe.

Véhicules accumulateurs d'énergie.

Les principaux systèmes de véhicules de la 2e classe, c'est-à-dire ceux où l'énergie nécessaire à la force motrice est accumulée sous une forme différente suivant le système, sont :

1° Les véhicules avec accumulateurs électriques ;
2° — avec chaudière à vapeur surchauffée sans foyer ;
3° — à air comprimé ;
4° — à gaz comprimé.

On peut également comprendre dans cette classe les tramways à vapeur surchauffée au moyen de la lessive de soude, les tramways à ammoniaque, à acide carbonique, etc., qui ne sont encore que très peu employés et pour lesquels la pratique n'a pas encore prononcé. Nous nous contentons donc de les mentionner simplement ici. Quant aux premiers, nous les examinerons successivement dans l'ordre indiqué.

Mais, avant d'entrer dans la description des tramways à accumulateurs électriques, il nous semble indispensable de donner des renseignements généraux sur le mode de traction des véhicules électriques, sur les différents modes d'adaptation des électromoteurs aux voitures, enfin de parler des dispositions d'ensemble et du mode de construction des tramways eux-mêmes.

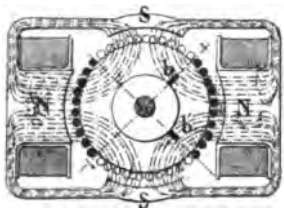
Les renseignements donnés ici nous dispenserons de revenir plus loin sur ce même sujet, qui est commun aux divers systèmes de traction électrique des 2e, 3e et 4e classes.

Renseignements généraux sur les tramways électriques.

I. — Moteurs de traction.

Supposons un moteur à 4 pôles *(fig. 4)* semblable à ceux qu'on emploie pour la traction. Nous voyons sur le schéma, en NN', les 2 bobines qui produisent un flux magnétique dans le sens des lignes pointillées; chacun de ces flux se divise en deux et la fermeture se fait par la carcasse de l'électromoteur. La direction du flux dépend de l'enroulement et du sens du courant dans les bobines de l'inducteur (règle de Maxwell), mais on s'arrange toujours pour avoir des pôles opposés deux à deux. Il en résulte que tout changement du sens du courant dans les bobines de l'inducteur change la polarité.

Fig. 4. Dynamo-motrice



L'armature, formée d'un noyau en fer doux traversé par le flux magnétique, est entourée d'une couronne de fils conducteurs traversés par le courant électrique. Ce courant pénètre par les balais *b* et *b'*.

Le bobinage de ces fils autour de l'armature est disposé de telle façon que, la circonférence de cette armature étant divisée en quatre quadrants, les fils des deux quadrants opposés, et faisant face aux pôles de même nom, recevront un courant de même direction.

Ainsi, dans l'exemple actuel, les fils teintés en noir seront parcourus par un courant d'avant en arrière et ceux en blanc, d'arrière en avant. Il est utile de remarquer que, par suite du collecteur, cette répartition du courant sera toujours la même, quelle que soit la position de l'armature pendant sa rotation.

Nous avons donc des conducteurs de longueur L situés dans un champ magnétique φ, traversés par un courant I; or, d'après les lois de l'électro-magnétisme, on sait que, dans ce cas, ces conducteurs sont soumis à une force proportionnelle aux trois facteurs φ, L et I et qui sera perpendiculaire au conducteur et aux lignes de force. Il en résultera donc un mouvement de rotation de l'armature produisant un *couple* de rotation autour de l'axe du moteur.

Par suite de cette rotation dont la vitesse ira en croissant il se produira, d'après des lois de l'induction, une force électromotrice E qui sera opposée à celle V alimentant le réseau : cette force, qu'on appelle *force contre-électromotrice* induite, a pour valeur : $N n \varphi$, N étant le nombre de fils autour de l'armature, n le nombre de tours par seconde et φ le flux inducteur.

Cette force contre-électromotrice a une grande importance dans le fonctionnement des moteurs, puisque c'est d'elle que dépend l'intensité du courant qui traverse le moteur.

L'intensité du courant qui, s'il n'y avait pas de force contre-électromotrice, serait : $I = \frac{V}{r}$, en appelant r la résistance intérieure, deviendra :

$$I = \frac{V - E}{r}.$$

La puissance électrique disponible aux bornes de la réceptrice sera égale à :

$$EI = \frac{E(V - E)}{r} = N n \varphi I.$$

Or cette puissance est égale au couple multiplié par l'angle décrit dans une seconde.

On aura donc : $N n \varphi I = C \times 2\pi n.$

d'où : $$C = \frac{N \varphi I}{2\pi}.$$

De là cette première conséquence que le couple moteur est *proportionnel au courant et au flux inducteur.*

D'un autre côté : $E = V - rI.$

On aura donc : $N n \varphi = V - rI.$

D'où : $$n = \frac{V - rI}{N \varphi}.$$

En général la chute du potentiel due à rI est toujours très faible relativement à V ; on peut donc admettre en pratique :

$$n = \frac{V}{N \varphi}.$$

D'où cette seconde conséquence que le nombre de tours d'un moteur est *proportionnel à la différence du potentiel aux balais et en raison inverse du flux inducteur et du nombre de fils entourant l'armature.*

Ces deux lois importantes servent de base au fonctionnement des moteurs de traction et à la régulation de leur vitesse, comme nous le verrons un peu plus loin.

Excitation. — L'excitation du moteur, c'est-à-dire la production du champ magnétique, peut être obtenue de trois façons différentes :

1° Le courant qui traverse les bobines inductrices est produit par une source d'électricité indépendante du moteur, *excitation indépendante ;*

2° Ce courant est pris en dérivation aux bornes du moteur, *excitation en dérivation* ou *shunt ;*

3° Enfin, ce courant est produit par le courant principal lui-même, c'est l'*excitation en série.*

Nous dirons quelques mots de ces différents modes d'excitation.

Si l'excitation indépendante ou en dérivation a l'avantage de donner des moteurs où la vitesse varie peu avec les efforts, si, sur les fortes déclivités, ces moteurs, en devenant générateurs, permettent de limiter la vitesse et de faire frein ; si, en même temps, ils permettent la récupération, dans le cas de pentes accentuées, chose évidemment avantageuse sur les lignes à traction par accumulateurs, ils ont, d'un autre côté, le grave inconvénient de rendre plus difficile l'isolement des bobines inductrices et de les rendre plus volumineuses.

C'est ce qui, jusqu'ici, en a limité l'emploi. En Allemagne, cependant, dans ces dernières années, ces moteurs ont été employés par Siemens et Halske, sur les lignes à fortes déclivités de Barmen et sur celles de Halle. Sur les chemins de fer, où la constance des vitesses est plus nécessaire que sur les tramways, peut-être ces moteurs trouveront-ils leur emploi dans l'avenir.

Malgré tout, c'est encore l'excitation en série qui est la plus répandue et la plus pratique. Elle a l'inconvénient de rendre difficile le maintien d'une vitesse constante, de ne pouvoir permettre l'utilisation des moteurs comme frein, sans les isoler de la conduite principale avec inversion du courant inducteur, mais, par contre, la construction et l'entretien des bobines inductrices sont plus simples et moins coûteux, et les démarrages, en cas de baisse de voltage accidentel, sont toujours assurés. Aux États-Unis tous les moteurs sont excités en série.

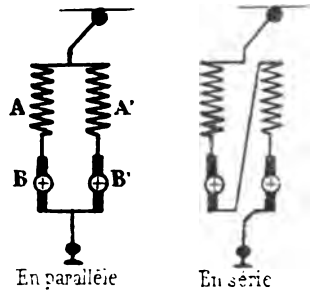
L'excitation compound, c'est-à-dire celle à double enroulement des inducteurs, l'un en série, l'autre shunt, aurait l'avantage de

régulariser les vitesses des moteurs en série aux faibles charges, mais, par suite de la complication de la construction des moteurs, elle n'a pas été employés sur les tramways.

Accouplement des moteurs. — Lorsque deux moteurs, comme c'est le cas le plus général, sont installés sur une voiture, ceux-ci peuvent être accouplés de deux manières différentes: soit en parallèle, soit en série *(fig. 5)*.

Dans le second cas, en supposant les moteurs excités en série, pour un même courant donné, le couple moteur total sera double de celui des moteurs en parallèle.

Fig.5.Accouplement des moteurs



D'un autre côté, chacun des moteurs n'ayant plus qu'une différence de potentiel égale à la moitié de la différence totale, d'après la deuxième loi indiquée plus haut, les vitesses de chacun d'eux seront réduites à peu près dans le même rapport, c'est-à-dire réduites de moitié. Mais alors le rendement de chaque moteur sera abaissé.

Il est inutile d'ajouter que les mêmes faits se reproduiront lorsqu'au lieu de deux moteurs il s'en trouvera un plus grand nombre auquel on appliquera le même mode de groupement.

Régulation de la vitesse des voitures. — La régulation a pour but d'obtenir, pour un effort donné, une vitesse quelconque, compatible avec le moteur, ou réciproquement, pour une vitesse donnée, d'obtenir un effort quelconque, également compatible avec le moteur.

D'après ce que nous avons dit précédemment, la variation de vitesse des moteurs peut s'obtenir de trois façons différentes:

1° En modifiant le voltage d'alimentation; la vitesse lui est sensiblement proportionnelle.

Ce changement de voltage peut être obtenu: soit en intercalant des rhéostats entre la ligne et le moteur, mode le plus ancien et le plus simple, mais qui entraîne une perte considérable d'énergie;

Soit, lorsqu'il y a plusieurs moteurs sur une voiture ou par train, en accouplant tantôt en série, tantôt en parallèle ces moteurs; le voltage sera, dans ce cas, réduit dans la proportion du

nombre de moteurs en série. C'est le système qui porte le nom de « série parallèle » et qui, indiqué par Hopkinson et Reckenzaum, et appliqué, pour la première fois, en 1873, par la General Electric C°, est actuellement d'un emploi général;

Soit, enfin, en modifiant le voltage de la source d'alimentation; c'est la méthode assez souvent employée pour la traction par accumulateurs, en y joignant le commutateur série-parallèle.

2° En modifiant le flux inducteur auquel la vitesse est inversement proportionnelle; on peut modifier ce flux en faisant varier le nombre des spires inductrices ou en les shuntant par des résistances; ce dernier mode est le plus employé;

3° Soit, enfin, en modifiant le nombre des spires de l'induit auquel la vitesse est inversement proportionnelle.

Nous venons de dire que la méthode « série-parallèle » était la plus généralement employée lorsque, comme c'est le cas le plus fréquent, on a plusieurs moteurs par voiture ou par train. Dans ce cas, on complète la combinaison de mise en série ou en parallèle des moteurs, en ajoutant des rhéostats et en modifiant par des shunt le flux inducteur. On obtient ainsi une série de combinaisons permettant, en pratique, un nombre suffisant de variations d'efforts et de vitesses.

Mais comme, d'un autre côté, il serait compliqué d'obtenir les différentes combinaisons lorsque le nombre des moteurs dépasse quatre, on a l'habitude de grouper ces moteurs par deux, en les réglant séparément et simultanément au moyen d'un appareil agissant, soit par transmission mécanique, soit par servo-moteur (appareil Sprague ou Auvert) et mis à la disposition du mécanicien.

Ce système de régulation est le plus usuel sur les tramways, les lignes secondaires et sur les chemins de fer; il a l'avantage d'être économique, en rendant minimum la dépense d'énergie, surtout aux démarrages.

Nous indiquerons comme exemple de régulation une combinaison fréquemment employée pour les voitures de tramway à deux moteurs et qui donne une assez grande échelle de variation de vitesse :

1° Les deux moteurs sont en série avec une résistance variable pour le démarrage;

2° Les deux moteurs sont en série avec suppression de la résistance;

3° Les deux moteurs sont en parallèle avec résistance variable;

4° Les deux moteurs sont en parallèle sans résistance;

5° Les deux moteurs sont en parallèle, avec shuntage des inducteurs, ce qui donne la vitesse maximum.

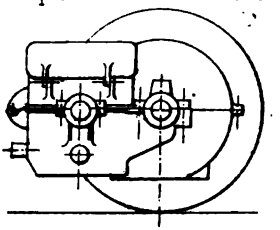
Description du moteur de traction, conditions qu'il doit remplir. — Au début de la traction électrique, vers 1888, les seuls moteurs employés étaient les moteurs bipolaires, à deux bobines inductrices et à double réduction de vitesse. Ces moteurs, d'une puissance moyenne de 15 *ch*, marchaient à la vitesse de 1 200 tours par minute, et le rendement total ne dépassait pas 60 0/0.

Vers 1890, la Compagnie Wenstrom créa un moteur tétrapolaire à pôles conséquents, inducteurs entourant complètement l'induit, à armature munie d'encoches, à marche lente, qui, tout en étant plus léger, permettait de réduire à 400 ou 500 tours par minute la vitesse de l'induit, avec un rendement supérieur à celui des moteurs bipolaires.

Ces moteurs, d'une puissance variant entre 15 et 25 *ch*, permettaient d'attaquer l'essieu moteur avec un simple train d'engrenages. C'était un progrès très important et, en 1891, les compagnies Edison-Sprague, Thomson-Houston et Westinghouse se mirent à construire des moteurs où, sous une forme plus ou moins différente, on retrouve les perfectionnements apportés par la Compagnie Wenstrom.

De plus, la Compagnie Thomson-Houston enveloppait complètement le moteur et les engrenages, en mettant par conséquent les organes moteurs à l'abri de la poussière et de l'humidité. On avait ainsi, en 1891, le moteur « type cuirassé », à marche lente, à simple réduction qui, devenu d'un usage général, n'a reçu depuis cette époque, en Amérique aussi bien qu'en Europe, que des perfectionnements de détail *(fig. 6)*.

Fig. 6. Moteur cuirassé à simple réduction de vitesse



Puisque le moteur à simple réduction, léger et d'un bon rendement, était ainsi créé, il était tout naturel de se demander s'il n'y aurait pas encore avantage à supprimer cette simple réduction de vitesse, en attaquant directement l'essieu par le moteur, et, par suite, à créer un moteur à vitesse encore plus lente. Plusieurs constructeurs américains et, entre autres, Short et Eickemeyer, étudièrent des moteurs sans réduction. En Angle-

terre, la maison Parker étudia, en 1891, d'après les mêmes idées, les moteurs aujourd'hui en service sur l'« Overhead » de Liverpool. Mais on reconnut bien vite, que ces moteurs ne pouvaient trouver avantageusement leur place que lorsque les vitesses de marche des voitures atteignaient au moins 70 *km* à l'heure; et que, dans tous les autres cas, le poids était trop considérable et que le moteur à simple réduction était le type le plus avantageux, se prêtant le mieux aux différentes combinaisons applicables aux tramways urbains et suburbains, ainsi qu'à la traction des trains métropolitains. On retrouve, du reste, dans les moteurs à action directe, aujourd'hui employés sur les locomotives électriques (Baltimore-Ohio, Central London) les dispositions étudiées par Short, Eickemeyer et primitivement en France par Raffard.

Ces essais successifs et les perfectionnements qui en ont résulté n'ont pas été sans importance, car ils ont permis aux constructeurs d'établir les conditions essentielles auxquelles doivent satisfaire les moteurs de traction électrique.

Ces conditions sont de deux sortes; elles sont mécaniques et électriques.

Les conditions *mécaniques* auxquelles un moteur doit satisfaire sont :

1° La compacité, c'est-à-dire qu'il doit avoir le plus petit volume possible, afin de pouvoir être installé sur le truck au-dessous de la caisse, tout en tenant compte de l'écartement des roues et de l'espace nécessaire à ménager entre eux et le niveau des rails;

2° Les organes moteurs doivent être préservés de la boue et de l'humidité, préjudiciables au bon fonctionnement; l'huile de graissage ne doit pas non plus pénétrer dans l'intérieur du moteur, afin d'éviter les courts circuits; pour cela les paliers de l'arbre doivent se trouver en dehors de l'enveloppe;

3° Les organes moteurs doivent pouvoir être visités facilement, remplacés sans difficulté en cas de besoin et cela sans démontage complet de l'appareil. On doit avoir soin de ménager, dans ce but, des trappes dans le plancher de la voiture.

4° Les moteurs doivent être robustes, afin de résister à toutes les variations d'effort qui sont souvent considérables au moment du démarrage. Les induits doivent être bien clavetés sur l'arbre et les fils de l'induit doivent être entraînés au moyen de dentures ménagées à sa périphérie, afin d'éviter le décollage de ces fils.

Au point de vue *électrique* les conditions sont les suivantes :

Comme nous l'avons dit plus haut, le moteur doit être léger avec une faible vitesse de l'armature, deux choses peu conciliables. Il faut, pour cela, d'abord obtenir de chaque organe l'utilisation maximum et, par suite, employer les meilleurs matériaux, soit comme fer, soit comme cuivre. Dans ce but, on fabrique les induits avec de la tôle très douce et recuite et pour les inducteurs, on emploie l'acier doux qui, tout en étant très perméable, au point de vue électrique, peut être coulé facilement suivant les formes convenables et souvent compliquées de la carcasse. En second lieu, il faut donner à l'armature le diamètre le plus grand possible, étant donné l'emplacement dont on dispose. Enfin, il faut employer des moteurs multipolaires qui ont l'avantage de réduire le poids des inducteurs et de diminuer la réaction d'induit.

Dans le but de supprimer les étincelles au collecteur, cause importante de dégradation, il y a intérêt à employer un grand nombre de touches en disposant le bobinage en conséquence. Il y a lieu de faire usage également de balais au charbon qui, par suite de la résistance spécifique de celui-ci, réduisent l'intensité du courant au moment des courts-circuits qui se produisent lorsque le balai est en contact avec deux touches du collecteur.

Les enroulements des inducteurs doivent être soigneusement protégés et isolés.

Les moteurs ne doivent pas être seulement calculés pour le travail moyen à produire, mais ils doivent encore satisfaire aux différentes variations dues au profil, aux changements de vitesse et aux démarrages, et cela sans détérioration mécanique et sans échauffement nuisible. Pour cela les fils de l'induit doivent être calculés pour un courant moyen de 5 à 6 ampères par millimètre carré et de 12 ampères pendant les démarrages.

Le moteur doit supporter, pendant plusieurs heures, son travail moyen sans un échauffement supérieur à 50 ou 60° ; le travail doit pouvoir être augmenté de 50 0/0 sans que la température des enroulements dépasse 70 à 90°.

Ce sont ces différentes conditions qui conduisent à l'emploi de moteurs plus puissants que ceux qui seraient nécessaires, en ne tenant compte que du travail moyen. C'est pour cela que, pour les tramways, on se trouve dans la nécessité d'employer deux moteurs d'une puissance totale de 30 *ch* et très souvent de 50 *ch*, lorsque la ligne est accidentée.

Le rendement du moteur doit être satisfaisant, non seulement

lorsque le moteur produit sa puissance moyenne, mais encore lorsque cette puissance augmente ou diminue, par suite des efforts variables à produire.

En résumé, les moteurs électriques, tels qu'on les construit aujourd'hui, sont avec armature dentée, d'aussi grand diamètre que possible, avec inducteurs en acier doux (munis souvent de pièces polaires en tôles feuilletées) multipolaires, formant enveloppe extérieure facilement démontable; avec collecteur largement proportionné, soigneusement isolé et facile à remplacer; avec balais en charbon faciles à changer; avec engrenages simples ou à chevrons, entourés d'une enveloppe étanche et bien lubrifiée.

Les balais en charbon sont aujourd'hui d'un emploi général; ce sont assez souvent des charbons graphités, d'une très grande conductibilité, ne nécessitant que 5 à 10 mm^2 de surface frottante par ampère, au lieu 10 à 20 pour les charbons ordinaires.

Le rendement des moteurs de tramways, à simple réduction, engrenages compris, varie à pleine charge entre 0,75 et 0,80.

A demi-charge, on peut compter sur un rendement de 0,70 à 0,75 et, pendant le démarrage, où le moteur travaille dans de mauvaises conditions, ce chiffre se réduit à 0,50.

Sur une ligne où les rampes ne dépassent pas 3 0/0, avec arrêts fréquents, le rendement moyen, pour tout le parcours, n'atteint pas un chiffre supérieur à 0,60.

Le poids des moteurs de tramway, à simple réduction, de puissance moyenne, varie entre 800 et 1000 *kg*, ce qui, avec des roues de 0,80 *m* de diamètre et un coefficient de réduction de 5, correspond à un poids de 2 à 3 *kg* de moteur par kilogramme d'effort à la jante.

Comme exemple de moteurs de traction pour tramways nous citerons les types étudiés et appliqués par les trois plus importantes Compagnies de construction américaines :

1° Le type 800 de la General Electric C° *(fig. 5, Pl. 226)* ayant une force nominale de 25 *ch*, pesant 800 *kg* avec les engrenages et produisant, avec un coefficient de réduction de 4,78, un effort à la jante de 360 *kg* pour une roue de 0,84 *m* de diamètre;

2° Le type 12 A de la Compagnie Westinghouse, d'une puissance de 25 à 30 *ch* produisant, avec un coefficient de réduction de 4,86, un effort de traction à la jante de 4 à 500 *kg* pour des roues de 0,84 *m* de diamètre;

3° Le type 3 Walker donnant un effort de traction de 360 *kg*, à la vitesse de 16 *km*; c'est le type normal pour tramways.

Comme types européens, nous citerons :

1° Le type des Compagnies françaises et anglaises Thomson-Houston et de l'Union Elektricitäts-Gesellschaft, qui exploitent en Europe les brevets de la General Electric C°.

Le type pour tramways est semblable au type 800 que nous avons reproduit plus haut;

2° Le type Siemens et Halske, exploité en France par la Société Alsacienne. Le modèle de 25 *ch*, à la vitesse de 15 *km* à l'heure, avec roues de 0,80 *m* et réduction de 5,5 et une vitesse de 500 tours par minute, pèse 1 200 *kg* en produisant un effort à la jante de 495 *kg (fig. 7)*;

Fig. 7. Moteur Siemens et Halske

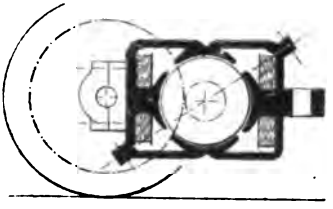
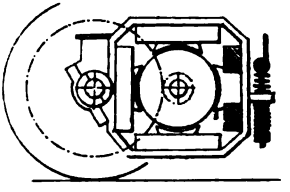


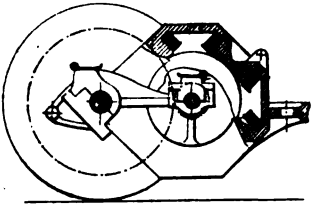
Fig. 8. Moteur de la C^ie de Fives-Lille



3° Le type de l'Allgemeine Elektricitäts-Gesellschaft et de la Compagnie de Fives-Lille, dont la figure représente le type courant pour tramways. Avec une vitesse de 405 tours par minute et un courant de 25 ampères, le travail à la jante est de 13,5 *ch*. Le poids sans engrenages est de 900 *kg (fig. 8)*;

4° Le type de la Compagnie de l'Industrie électrique et des usines du Creusot. Le moteur de tramways est d'une puissance de 25 *ch* à la vitesse de 400 tours, avec des roues de 0,75 *m* et un effort à la jante de 585 *kg*. Le coefficient de réduction est de 4,5;

Fig. 9. Moteur d'Œrlikon

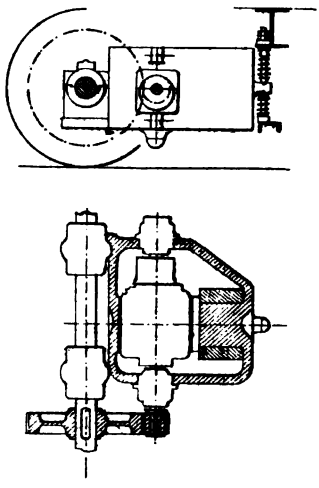


5° Le type des ateliers d'Œrlikon représenté par la *(fig. 9.)*

Nous citerons encore les moteurs étudiés par Hillairet-Huguet pour les tramways de Romainville *(fig. 10)*, et ceux de la Société Industrielle de Moteurs électriques et à vapeur utilisés sur plusieurs lignes exploitées par la Compagnie des Tramways de Paris et du département de la Seine.

Adaptation des moteurs électriques aux voitures. — Au début de la traction électrique, comme on voulait se servir des voitures existantes, on plaçait les moteurs dans l'intérieur de la voiture en commandant les essieux par des chaînes ou des courroies. Outre l'encombrement, il en résultait des trépidations fort désagréables pour les voyageurs, et cette disposition fut vite abandonnée. Aujourd'hui, les voitures sont toujours munies d'un ou plusieurs trucks indépendants de la caisse, sur lesquels sont fixés les moteurs électriques.

Fig. 10. Moteur Hillairet-Huguet de la ligne de Paris-Romainville



La puissance des moteurs dépend du tracé et du mode d'exploitation. Les tramways à chevaux n'avaient qu'une vitesse faible, surtout sur les rampes, les démarrages ne se faisaient que lentement, et s'il ne s'était agi que de remplir les mêmes conditions de fonctionnement, un moteur de 5 ou 6 *ch* eût suffi largement. Mais des besoins nouveaux se sont fait sentir, le poids des voitures s'est accru, les vitesses ont été augmentées et les démarrages doivent se faire aussi rapidement que possible, tout en se renouvelant plus fréquemment. Le matériel actuel exige donc des moteurs très puissants.

Aujourd'hui, les voitures de tramways à deux essieux sont munies, au minimum, d'un moteur de 15 *ch*, et, au maximum, de deux moteurs de 25 *ch* chacun, soit 50 *ch*, suivant que ces voitures marchent seules ou doivent en remorquer d'autres.

Sur les lignes suburbaines ou interurbaines qui se rapprochent du chemin de fer d'intérêt local, la puissance totale des moteurs peut atteindre et dépasser 80 *ch*.

Enfin, lorsqu'il s'agit de chemins de fer, la puissance de chaque moteur atteint 50, 100 ou 200 *ch*.

Lorsque la puissance nécessaire ne dépasse pas 30 *ch* et que les rampes n'excèdent pas, et cela sur des courtes distances. 3 0/0, un seul moteur suffit pour l'adhérence. On fait ainsi une économie, et sur le prix d'acquisition, et sur les frais d'entretien, car, à puissance égale, deux moteurs sont plus lourds et plus coûteux qu'un seul. Mais, d'un autre côté, en cas de démarrages

rapides et avec des rails gras, la mise en vitesse est plus assurée avec deux moteurs.

Aussi, tout en conservant l'économie du système, et pour assurer l'adhérence des deux essieux, a-t-on cherché à commander ceux-ci par un moteur unique. Cette disposition a été adoptée à Budapest et, plus récemment, en Allemagne, à Bâle, à Mulhouse, avec un trafic peu intensif, il est vrai.

Lorsque la puissance dépasse 30 *ch*, deux moteurs de 15 à 25 *ch* chacun sont nécessaires, surtout lorsque les rampes s'accentuent, que les démarrages doivent être rapides et qu'on doit faire le remorquage d'une ou plusieurs voitures.

Dans le cas de lignes de banlieue, suburbaines ou interurbaines, où les voitures plus lourdes sont le plus souvent supportées par des bogies et où la remorque est d'un usage général, des moteurs plus puissants sont nécessaires et, suivant le cas, on peut employer, par automotrice, un ou deux moteurs par bogie, c'est-à-dire deux ou quatre moteurs par voiture. C'est, toutefois, la première disposition qui est la plus souvent employée.

La même disposition est adoptée sur les lignes de chemin de fer où la traction se fait par automotrices; mais alors, comme nous l'avons dit plus haut, les moteurs sont encore plus puissants et peuvent atteindre 200 *ch* par unité.

Pour que le rendement d'un moteur électrique soit bon et que son poids reste dans les limites convenables, la vitesse de son armature doit être aussi grande que possible et compatible, toutefois, avec les efforts résultant de la force centrifuge. Généralement, pour les moteurs de tramways, cette vitesse à la périphérie de l'armature varie entre 15 et 25 *m* par seconde, et le nombre de tours est de 660 à 1 000 par minute. D'un autre côté, la vitesse de rotation des roues de la voiture est fixée par la vitesse à atteindre et, par suite, inférieure à celle de l'armature. Il est donc indispensable, au point de vue économique, d'établir une transmission entre le moteur et l'essieu de l'automotrice. Cette transmission doit être calculée d'après la vitesse de marche et dépendra donc du mode d'exploitation.

En France on admet généralement une vitesse de 12 *km* à l'heure dans l'intérieur des villes, de 16 *km* dans les faubourgs et de 20 *km* dans la banlieue. En Belgique et en Allemagne des vitesses supérieures à celles-ci sont autorisées : à Bruxelles, la vitesse est de 15 *km* en ville et 21 *km* hors la ville; à Dresde, 18 *km* à l'intérieur et 30 *km* hors la ville.

En Amérique, la vitesse de 20 *km* à l'heure est bien souvent atteinte dans l'intérieur des plus grandes villes ; cette vitesse est certainement exagérée et même dangereuse. Sur les tramways suburbains on marche à 25 ou 30 *km* à l'heure et souvent plus.

Le diamètre des roues motrices des automotrices circulant à l'intérieur des villes ne dépasse pas généralement 0,80 *m*, afin de ne pas surélever le plancher de la voiture, en diminuant ainsi le nombre des marches nécessaires pour y accéder. Pour les lignes suburbaines, où les arrêts sont moins fréquents, on peut augmenter le diamètre des roues en le portant à 0,90 *m* et 1 *m*. Il en est de même des voitures circulant sur des métropolitains.

Réduction de vitesse des moteurs. — Divers modes de transmission avec réduction de vitesse ont été étudiés ; nous les résumerons. Mais, tout d'abord, il ne faut pas perdre de vue qu'une bonne transmission doit satisfaire à diverses conditions : elle doit être simple, solide, légère et peu encombrante ; elle doit, de plus, avoir une marche silencieuse, être à l'abri de la poussière, donner peu de vibrations, avoir un bon rendement et ne pas exiger de grands frais d'entretien. Toutes ces conditions sont bien difficiles à réaliser ; aussi, parmi les nombreux systèmes essayés, en est-il resté peu d'une application réellement pratique.

Les rouleaux de friction n'ont jamais donné de bons résultats, par suite de la pression considérable qu'il faut obtenir entre les deux rouleaux, pression qui ne peut être obtenue que par l'augmentation du poids des moteurs.

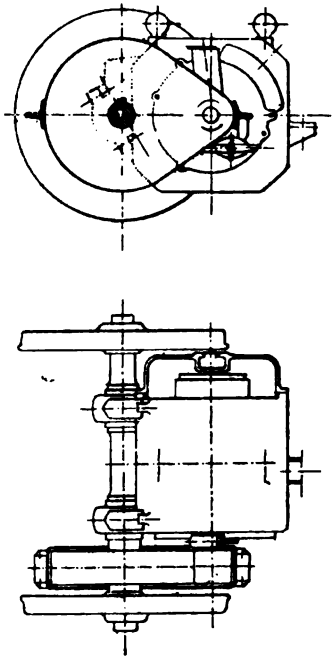
Les engrenages coniques ont été essayés à plusieurs reprises en Amérique, surtout par Sperry ; cette disposition avait principalement pour but de permettre, pour de petites puissances, l'emploi d'un seul moteur placé parallèlement à l'axe de la voiture et commandant les deux essieux.

La vis sans fin, fixée sur l'axe des moteurs et commandant directement soit un seul, soit deux essieux, au moyen d'engrenages, semblait, dès le début de la traction électrique, le moyen le plus simple de transmission. On pouvait ainsi obtenir, sans difficulté, le coefficient de réduction de vitesse nécessaire et cela par un mouvement doux et régulier ; mais le rendement laissant à désirer, il fut fait peu d'applications de ce système de transmission, qui a été, cependant, adopté pour les voitures de tramways de Blackpool, de Marseille et de Gênes.

Le mode de transmission employé presque partout aujourd'hui est le système par engrenages cylindriques. On peut faire usage, soit de la double réduction, avec deux trains d'engrenages et arbre intermédiaire, soit de la simple réduction, avec un simple train d'engrenages.

La première disposition, employée pour la première fois, semble-t-il, sur le tramway de Francfort-Offenbach, a été en usage tant qu'on n'a pas su fabriquer des moteurs électriques légers avec vitesse relativement faible, c'est-à-dire 500 à 800 tours. Elle avait l'inconvénient de diminuer le rendement, par suite du frottement des deux trains d'engrenages : de plus, elle occupait trop de place.

Fig. 11 Moteur avec engrenages cylindriques et simple réduction de vitesse



Mais les moteurs électriques se sont perfectionnés et la transmission par simple réduction s'est généralisée vers 1891 ; c'est aujourd'hui la seule employée pour les services urbains et suburbains. La transmission par double réduction n'est plus conservée que pour les lignes à traction électrique sur fortes rampes où les vitesses de marche sont trop faibles pour permettre la simple réduction par engrenages cylindriques.

Avec cette disposition *(fig. 11)* le pignon est calé sur l'arbre du moteur, en dehors du palier qui le supporte, et ce pignon commande une roue dentée, clavetée sur l'essieu; celui-ci, de son côté, est relié au moyen de paliers, à la carcasse du moteur, de manière à rendre invariable la distance entre les deux axes. Le train d'engrenages est enfermé dans une boîte close, remplie d'huile, de manière à bien imprégner les engrenages en les mettant à l'abri de la poussière. Les roues d'engrenages se font en acier coulé et les dents sont généralement taillées à la fraise.

On peut obtenir avec cette disposition d'engrenages à simple réduction, un rendement de 93 à 95 0/0 qui, joint au rendement en pleine charge de l'appareil moteur de 85 à 88 0/0, donne un rendement total de 80 à 82 0/0.

Le coefficient de réduction le plus généralement adopté varie entre 1/4 et 1/5.

On remplace assez souvent en Europe les engrenages cylindriques par des engrenages à chevrons, qui ont l'avantage d'être toujours en prise.

Suspension des moteurs. — Une question intéressante et très importante est celle de la *suspension du moteur.*

Comme on l'a vu, les moteurs électriques sont aujourd'hui toujours installés sur un truck indépendant de la caisse qui, elle, de son côté, est supportée par l'intermédiaire d'une seconde suspension.

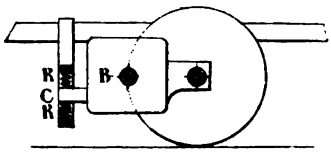
Généralement, les moteurs reposent, d'un côté, sur l'essieu, au moyen de paliers, et de l'autre côté sur le truck.

Le moteur doit charger le moins possible l'essieu et doit être relié au truck au moyen de ressorts.

Diverses dispositions ont été étudiées dans ce but. Nous citerons les plus répandues, appliquées aux moteurs à simple réduction.

La première disposition, imaginée par Sprague, et qui porte le nom de *suspension par le nez*, consiste à supporter l'arrière du moteur B au moyen d'un bec ou nez C, venu de fonte avec lui, qui s'appuie, par l'intermédiaire de ressorts RR, sur une traverse reliée au truck. On obtient ainsi une liaison élastique entre le moteur et le truck, mais la moitié du poids du moteur repose toujours sur l'essieu *(fig. 12)*.

Fig.12. Suspension par le nez



La General Electric C° a étudié une seconde disposition où le moteur repose par son centre de gravité sur deux barres latérales, reposant à leur extrémité, au moyen d'articulations, sur le truck. Avec cette disposition il y a liaison élastique et l'essieu ne porte plus rien *(fig. 13)*.

La Compagnie Westinghouse emploie une suspension à peu près semblable, mais les barres latérales sont situées au-dessus du moteur *(fig. 14)*.

Nous citerons enfin la disposition Walker (1), où la suspension par le nez est encore conservée, mais où le poids du moteur est

Fig 13. Suspension Walker

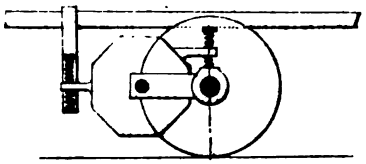
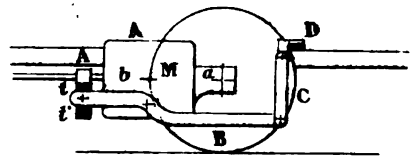


Fig. 13 bis. Suspensions par barres latérales



reporté sur l'essieu, non pas directement, mais par l'intermédiaire d'un ressort *(fig. 15)*.

Fig. 14. Moteur Westinghouse
Suspension par barres latérales

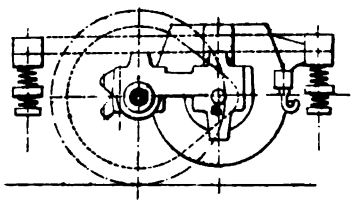
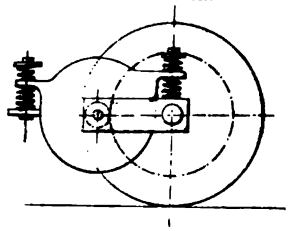


Fig. 15. Suspension du moteur
de la Cie Walker



Nous devons faire une remarque importante au sujet de la suspension des moteurs. Les points de suspension ne sont pas seulement soumis au poids statique du moteur, mais ils sont encore soumis aux réactions électro-magnétiques entre l'induit et l'inducteur qui, en produisant un couple, déchargent un des points de suspension en surchargeant l'autre. Ces efforts sont souvent importants, surtout aux démarrages, et il y a lieu d'en tenir compte.

Nous avons dit au début que les moteurs à réduction de vitesse sont les seuls applicables pour une exploitation de tramways ou de lignes urbaines ou suburbaines ou même métropolitaines, sauf certains cas exceptionnels. En effet, pour obtenir un bon rendement et un poids de moteur convenable, le calcul indique que ce n'est que lorsque la vitesse de marche dépasse 70 *km* à l'heure qu'il y a intérêt à employer les moteurs sans réduction de vitesse,

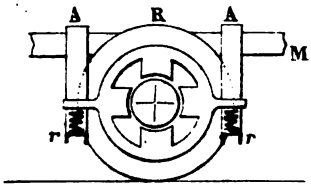
(1) Voir *Bulletin de la Société des Ingénieurs Civils*, février 1897. Application de système Walker aux tramways électriques (Ziffer).

attaquant directement l'essieu. Ce ne serait donc que pour des trains de grande vitesse, à arrêts peu fréquents, et sur les grands réseaux, que ces moteurs pourraient trouver leur application. Au-dessous de ces vitesses, la transmission avec réduction est généralement préférable. C'est un principe admis par les Ingénieurs américains, même avec des coefficients de réduction très faibles. Ils trouvent que, si la transmission directe fait disparaître les engrenages, les moteurs y sont d'une installation plus délicate, les réparations plus difficiles et les échauffements plus grands.

Les moteurs à transmission directe peuvent être installés de deux façons différentes.

On peut *(fig. 16)* caler l'induit sur l'essieu, en faisant reposer l'inducteur sur des paliers qui l'embrassent et, afin d'éviter la surcharge de cet essieu par le moteur, en reportant le poids de cet inducteur sur deux barres latérales AA, fixées au truck, et auxquelles il est relié par des ressorts *r*, *r*.

Fig. 16. Suspension des moteurs sans réduction à arbre plein



Avec ces dispositions, les surcharges sur les points d'appui, dues au couple moteur, deviennent considérables, surtout aux démarrages; de plus, les masses solidaires de l'essieu et provenant de l'induit sont assez importantes pour produire de fortes réactions sur la voie au passage des joints. C'est cette disposition qui a été adoptée pour les premières automotrices de l' « Overhead » de Liverpool.

La *suspension par arbre creux*, imaginée vers 1883 par Raffard et qui est aujourd'hui généralement employée, est préférable. L'armature est fixée sur un arbre creux concentrique à l'essieu, relié à la roue par des accouplements élastiques qui l'entraînent. Sur cet arbre creux repose également, au moyen de paliers, l'inducteur qui est relié d'une manière fixe au truck de la voiture ou de la locomotive.

Le jeu nécessaire aux ressorts de suspension du truck se trouve, dans ce cas, ménagé dans le vide existant entre l'essieu et l'arbre creux. Avec cette disposition l'essieu ne supporte donc aucune surcharge des moteurs. On trouvera cette disposition appliquée aux locomotives Heilmann, aux locomotives du « Central London » ainsi qu'à celles du « Baltimore-Ohio ».

Trucks moteurs. — Suspension. — Roues.

Dans le but d'éviter les trépidations qui se transmettent à la caisse de la voiture par l'intermédiaire des engrenages et qui sont très désagréables pour les voyageurs, il est de règle, comme on sait, de ne plus suspendre aujourd'hui les moteurs à la caisse et de les fixer directement à un châssis indépendant de celle-ci ou truck moteur, qui repose au moyen de ressorts sur les essieux; on obtient ainsi une double suspension donnant un roulement très doux.

Les moteurs sont eux-mêmes fixés au truck par l'intermédiaire de ressorts, comme nous l'avons indiqué plus haut.

Cette disposition est aujourd'hui générale, aussi bien en Amérique qu'en Europe.

Un truck doit être très solide, afin de résister aux réactions de la voie et des moteurs; il doit aussi être indéformable, et facilement accessible pour la visite des moteurs. Les ressorts de suspension doivent être disposés de manière à limiter les mouvements de tangage et de roulis de la voiture, les premiers surtout étant très préjudiciables, car ils ont pour effet de modifier la répartition des poids sur les essieux moteurs et d'être souvent la cause de patinage.

Les trucks peuvent être à deux, trois ou quatre essieux, avec bogies dans ce dernier cas; le type à deux essieux est le plus simple et le plus répandu.

Lorsque les voitures doivent circuler dans des courbes ne dépassant pas 20 *m* de rayon, l'empattement des essieux ne doit pas être supérieur à 2 *m*, et comme d'un autre côté la caisse atteint 6 à 7 *m* de longueur, il en résulte à l'avant et à l'arrière un porte-à-faux considérable.

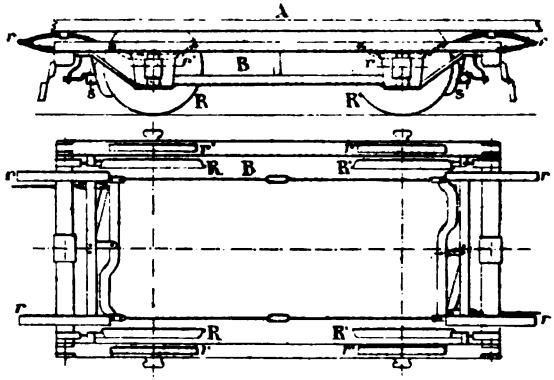
Pour remédier à cet inconvénient grave, on peut prolonger les longerons du châssis au delà des plaques de garde et placer aux extrémités de ces longerons des ressorts r, r' qui arrêtent les mouvements de tangage; ce dispositif se répand beaucoup *(fig. 17)*.

Chez nous, quoique le principe de l'indépendance du truck et de la caisse et de la double suspension ne soit pas partout admis, on trouve, cependant, dans ces dernières années, de nombreux exemples de cette disposition : Lyon-Oullins, Le Havre, Rouen, Tourcoing-Roubaix, voitures construites par la Société Franco-

Belge, voitures à accumulateurs de la Madeleine-Neuilly-Courbevoie, voitures de Fontainebleu, etc.

Une longueur de 5,50 *m* de caisse et de 8 à 9 *m* entre tampons est le maximum à admettre pour une voiture à deux essieux dont l'empattement ne doit pas dépasser 2 *m*.

Fig. 17. Truck Taylor



Lorsqu'il y a lieu de dépasser ces dimensions, et, par suite, d'augmenter l'empattement, il faut recourir à une disposition permettant la convergence des essieux.

On peut avoir soit un truck à deux essieux convergents, comme le truck Averly, soit un truck à deux essieux, dérivé du type Clemenson, ou, pour les voitures dont la longueur atteint 10 ou 12 *m*, deux bogies à deux essieux. Ce dernier type facilite évidemment le passage dans les courbes, mais il a l'inconvénient d'augmenter le poids mort de la voiture.

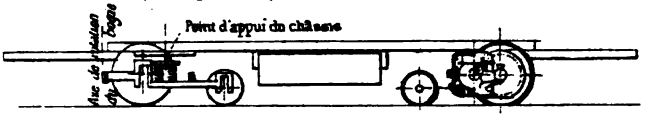
Le bogie employé, dans ce cas, se rapproche des types en usage pour les voitures de chemins de fer, sauf les modifications qu'on a dû lui faire subir pour loger le moteur électrique.

Comme généralement les voitures de tramways ne sont munies que de deux moteurs au plus et, dans la plupart des cas, un par bogie, il en résulte que le poids total adhérent de la voiture est mal utilisé, ce qui peut être un inconvénient lorsqu'il s'agit de lignes à fortes rampes. Aussi, dans le but d'augmenter l'adhérence, emploie-t-on fréquemment le bogie à adhérence maximum dont nous voyons un exemple dans Paris, sur les voitures d'Aubervilliers et de Pantin (*fig. 18*). Dans ce type de bogie, le pivot qui supporte le poids de la voiture est excentré de manière à reporter la plus grande partie de la charge sur l'essieu moteur, ce qui per-

met d'utiliser environ 80 à 85 0/0 du poids total de la voiture. Les roues motrices ont alors le diamètre ordinaire de 0,75 à 0,80 *m*, tandis que les deux autres roues du bogie, qui ne servent plus que de directrices, peuvent avoir un diamètre plus petit, de 0,30 à 0,35 *m*, leur permettant de jouer librement sous les brancards de la caisse, sans qu'on soit obligé de surélever ceux-ci.

La suspension du truck sur les essieux et de la caisse sur le truck se fait aujourd'hui, d'une manière à peu près générale, par

Fig. 18. Bogie à adhérence totale



la combinaison de ressorts à lame et de ressorts en spirale. Les essieux se font de plus en plus en acier doux et, comme ils ont à résister à des efforts souvent considérables, provenant soit des réactions de la voie, soit des moteurs, au moment des démarrages, on a été amené à leur donner des dimensions se rapprochant de celles des essieux des voitures de chemins de fer. Le diamètre de l'essieu varie entre 0,080 et 0,100 *m*, et le diamètre de la fusée entre 0,075 et 0,090 *m* pour une voiture pesant 9 à 10 *t*.

Les *boîtes à graisse*, tout en se rapprochant de celles employées sur les voitures de chemins de fer, offrent toutefois de grandes variétés. Le lubrifiant est toujours aujourd'hui l'huile minérale.

Les surfaces des fusées sont calculées de manière que la pression ne dépasse pas 25 à 30 *kg* par centimètre carré.

Les roues ont, jusqu'en ces derniers temps, toujours été faites, aux États-Unis, en fonte trempée, sans bandage rapporté, en suivant, du reste, ce qui se fait depuis longtemps dans ce pays pour le matériel de chemins de fer. Lorsque ces roues sont de bonne qualité, elles fournissent un excellent service, mais elles demandent l'emploi d'un métal de premier choix et surtout de grands soins de fabrication. Leur durée est relativement courte. Aussi, depuis quelque temps, a-t-on tendance, en Amérique, à abandonner ce type de roues pour revenir à celui généralement employé en Europe, c'est-à-dire aux roues à bandage rapporté en acier, résistant à 65 ou 75 *kg* par millimètre carré avec allongement de 15 à 18 0/0.

II. — Caisses.

Les caisses offrent de grandes variétés. On rencontre des caisses fermées à banquettes longitudinales ou transversales, des caisses ouvertes à bancs transversaux pour l'été, des caisses à plates-formes fermées et, enfin, des caisses partie ouvertes, partie fermées, en usage surtout en Californie.

Ce qui caractérise principalement les voitures américaines, c'est la suppression complète de l'impériale, non pas, comme on pourrait le croire, à cause du climat, mais parce que l'impériale retarde l'entrée et la sortie des voyageurs et est, par suite, la cause de perte de temps diminuant la rapidité du service. Il serait à désirer comme nous l'avons dit au début que cette coutume pénètre chez nous.

Les voitures fermées, à deux essieux, qui sont le plus généralement employées aux États-Unis, comme répondant le mieux à un trafic ordinaire et auxquelles, du reste, on peut ajouter des voitures de remorque, en cas d'affluence, ont une longueur de caisse variant entre 5,50 *m* et 6,10 *m*, et une longueur totale hors tampons de 7,95 *m* à 8,50 *m* ; elles contiennent 24 à 28 places assises, mais, comme en Amérique, le nombre de places n'est limité que par la surface du plancher, le nombre total des voyageurs transportés atteint parfois 60 à 80. Le poids de ces caisses est d'environ 2 000 à 2 600 *kg*. Nous devons dire, toutefois, que, depuis quelque temps, par suite d'accidents résultant d'encombrements, on tend à limiter le nombre maximum des voyageurs à admettre dans les voitures. A Brooklyn, ce nombre ne doit pas dépasser 50 0/0 des places assises.

Les voitures à bogie, qui sont employées sur certains réseaux à trafic excessivement intense, ont une longueur de caisse de 7 à 8,50 *m* et une longueur totale hors tampons de 9,50 à 11 *m*. Elles contiennent 30 à 45 places assises et un total de 90 à 120 personnes.

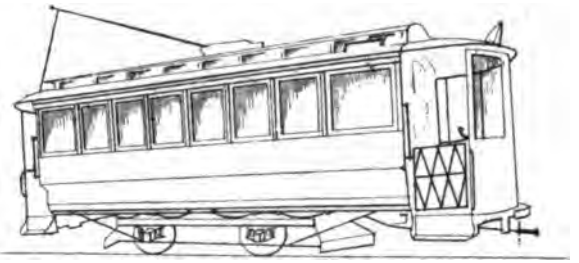
Les voitures ouvertes, de 7 à 12 banquettes transversales à 5 places, ont une longueur de 7 à 9 *m* pour les voitures à deux essieux et de 10 à 12 *m* pour les voitures à bogie.

Les plates-formes ont une longueur moyenne de 1,10 *m*; quant à la largeur de la caisse, elle varie entre 2,20 et 2,30 *m*, et la hauteur intérieure atteint 2,30 à 2,40 *m* au milieu de la voiture.

On s'attache à ce que, même pour les voitures à bogie, où la

hauteur de la caisse doit être suffisante pour permettre le pivotement des trucks, le niveau du plancher ne dépasse pas 0,70 *m* au-dessus du niveau des rails.

Fig.19. Voiture-convertible (Tenue d'hiver)



Nous donnons, ci-joint, le dessin de certains types spéciaux assez répandus. La figure 19 représente un type de voiture normalement fermée, mais qui peut être ouverte en été. La figure 20 montre une voiture vestibulée à bogies. La figure 21 indique la

Fig.20. Voiture vestibulée à bogies

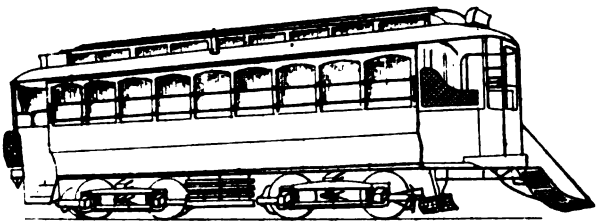
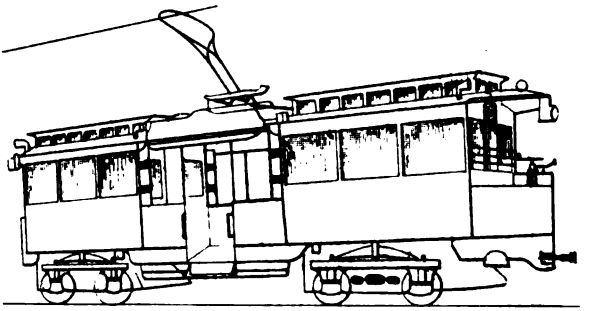


Fig.21. Nouvelles voitures des Tramways de Dresde



disposition à entrée centrale du nouveau type de voitures adopté sur les tramways de Dresde.

Le matériel électrique européen dérive plus ou moins du matériel américain. Les voitures symétriques, à caisse fermée et plate-forme ouverte, sont généralement de dimensions moindres que les voitures américaines. La caisse n'a guère que 4 à 5 *m* de longueur avec longueur totale de 7 à 8 *m*; le nombre des places assises varie de 16 à 20, avec de 5 à 15 voyageurs sur chacune des plates-formes, dont la longueur est généralement de 1 à 1,50 *m*. Le poids, sans moteurs ni appareils électriques, est de 4,5 à 5,5 *t*.

La largeur extérieure des caisses est de 2 à 2,10 *m*, et la hauteur intérieure au centre, qu'on tend, du reste, à augmenter, n'est souvent que de 2 *m*.

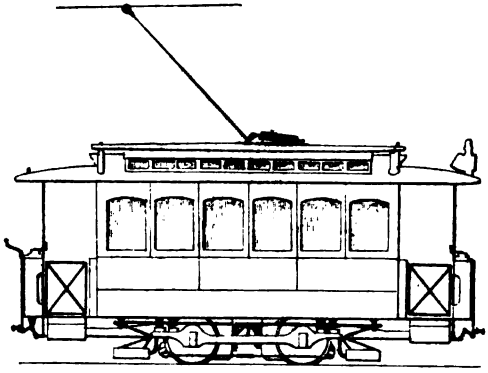
Le plancher de nos voitures est plus élevé au-dessus des rails que celui des voitures américaines, ce qui exige deux marches d'accès aux plates-formes.

Sauf sur quelques tramways austro-hongrois, les plates-formes vestibulées ne sont pas en usage et, à l'exception de quelques exemples récents, on ne rencontre que très rarement, sur les tramways européens, les automotrices à bogies ou ouvertes pour le service d'été.

Mais, par contre, les voitures à impériales sont, malheureusement selon nous, très fréquentes.

Quant à la construction de la caisse, elle diffère notablement de celle en usage à l'étranger; l'emploi du fer y est fréquent. Les brancards de la caisse en métal se prolongent jusqu'à l'extrémité de la plate-forme et rendent celle-ci dépendante de la caisse, ce qui est certainement préférable au mode américain ; les montants sont aussi souvent en fer et les panneautages extérieurs sont en tôle mince.

Fig. 22. Voiture Schuckert



Nous donnons, ci-après (*fig. 22*), le dessin de la voiture allemande de la Société Schuckert, analogue à celle en service sur les tramways de Toulon et on trouvera planche 227, figure 7, la vue photographique des voitures

de la ligne Bastille-Charenton, où les plates-formes peuvent être disposées pour permettre l'isolement du mécanicien des voyageurs.

Toutes ces voitures sont sans impériale; comme voitures à impériale, on trouve les automotrices de Romainville, type assez lourd, comme, du reste, toutes les automotrices parisiennes; les voitures de Dublin, Coventry, Bristol, du South-Staffordshire, en Angleterre. Dans ces dernières voitures, une chose intéressante est la disposition des plates-formes avec entrée et sortie séparées pour les voyageurs d'intérieur et d'impériale.

Le poids d'une automotrice du type américain, sans impériale, de 30 places, est, à vide, de 5 à 6 *t*; pour une automotrice de 40 places, ce poids varie de 5,5 à 6,5 *t*, suivant l'équipement à un ou deux moteurs. Pour une capacité de 50 places, on peut compter sur un poids de 7 à 8 *t*, ce qui, en pleine charge, donne un poids total de 10 à 11 *t*. Ce chiffre est inférieur au poids de 13 *t* admis à Paris pour les voitures électriques; ceci indique l'intérêt qu'il y a de chercher, par une étude plus attentive, à réduire le poids mort des voitures actuellement employées à Paris. Cette réduction de poids mort est d'autant plus désirable que ce poids est un facteur très important dans le travail du démarrage.

Quant au *poids mort* par place occupée, il ne peut guère descendre au-dessous de 130 à 140 *kg* et s'élève souvent à 200 *kg*; il est, en moyenne, de 150 à 160 *kg*, moteurs et appareils compris.

Les automotrices examinées précédemment sont celles où la traction électrique se fait par trolley; celles à accumulateurs ne diffèrent des premières que par certaines dispositions nécessitées par l'emplacement des batteries; le truck et la caisse doivent être renforcés pour tenir compte du poids supplémentaire des accumulateurs.

Les éléments peuvent être placés sous les banquettes, comme aux tramways de Saint-Denis-Opéra (anciennes voitures), de Courbevoie-Levallois-Madeleine, soit dans une caisse amovible, placée ou entre les essieux ou aux deux extrémités de la voiture, comme aux nouvelles voitures des tramways de Saint-Denis-Opéra-Madeleine, d'Aubervilliers et de Gennevilliers (*Pl. 227, fig. 5 et 6*).

Les voitures Courbevoie-Madeleine, avec accumulateurs chargés à poste fixe, pèsent, sans les accumulateurs et à vide, 150 *kg* par place offerte et, avec les accumulateurs, 215 *kg*.

III. — Développement de la traction électrique.

La traction électrique par trolley n'est plus aujourd'hui limitée au service des tramways urbains dont nous venons de nous occuper ; son champ s'est étendu et, depuis ces dernières années on en trouve des applications, soit pour le service des lignes secondaires d'intérêt local, soit pour le service des lignes métropolitaines.

Aux États-Unis, la traction électrique sur les lignes secondaires a pris depuis deux ou trois ans un développement important. Ces lignes, simple prolongement des réseaux urbains et établies soit sur les accotements des routes, soit sur une plateforme indépendante, servent à relier entre elles les agglomérarations industrielles ou agricoles. Construites sous le nom de réseau « interurbain », elles ont une longueur atteignant parfois 50 à 60 *km*. Souvent parallèles aux lignes de chemins de fer existantes, elles leur font une sérieuse concurrence, obligeant celles-ci, pour éviter une diminution considérable de recette, à appliquer elles-mêmes la traction électrique. C'est ainsi qu'il s'est établi, autour de Cleveland et de Buffalo, des réseaux interurbains d'une importance considérable.

Des exploitations de ce genre sont encore rares chez nous, mais les essais récents montrent qu'elles ont devant elles un avenir à escompter. Nous pouvons citer, dans cet ordre d'idées, le réseau des *tramways de pénétration* dont on vient de décider l'établissement, qui se compose de vingt-deux lignes reliant le centre de Paris avec différentes agglomérations suburbaines de la capitale. Le principe de ces lignes est : une longueur relativement faible, une vitesse modérée et un trafic exclusif de voyageurs et quelquefois de messageries. C'est donc une extension du service des tramways. Comme pour ces derniers, il faut un matériel léger, et l'exploitation doit se faire avec des trains composés d'une automotrice seule ou remorquant une ou deux voitures, soit des trains de 30 à 40 *t*.

Cette longue parenthèse, cependant indispensable, étant fermée, nous allons étudier les divers tramways *accumulateurs d'énergie*.

A. — Tramways à accumulateurs électriques.

On sait que l'énergie électrique peut être emmagasinée dans des appareils spéciaux appelés « accumulateurs », qui fournis-

sent cette énergie aux électromoteurs en cours de route, et qui, après épuisement de cette énergie, sont approvisionnés à nouveau, c'est-à-dire rechargés.

Cette énergie peut être renouvelée :

1° Soit en ramenant la voiture à l'usine centrale où la batterie est remplacée par une autre, chargée à l'avance;

2° Soit en la rechargeant directement en des points fixes, sans manutentionner la batterie.

3° Enfin, un troisième système consiste à recharger en cours de route en utilisant la prise de courant par trolley; ce troisième mode de rechargement rentre dans notre quatrième classe.

Types d'accumulateurs.

Les deux types d'accumulateurs les plus employés actuellement sur les tramways de Paris sont : les accumulateurs de la Société pour le travail électrique des métaux et ceux de la Société Tudor.

I. — Le type d'accumulateur le plus récent de la Société pour le travail électrique des métaux est formé d'éléments à oxydes rapportés. Les plaques positives sont en plomb antimonieux et, dans le but d'empêcher la matière active de tomber au fond du bac, sous l'influence des charges et décharges successives et des trépidations, ces plaques sont munies d'augets ouverts par le haut. Si cette disposition n'empêche pas complètement la chute du peroxyde, du moins elle la retarde et facilite le réempâtage.

La matière active qui remplit ces augets est du peroxyde de plomb mélangé avec de l'acide sulfurique.

Les plaques négatives ont la disposition ordinaire et la matière active est obtenue par la réduction du plomb en plomb spongieux.

II. — L'accumulateur Tudor est formé de plaques positives du type Planté. Les plaques sont formées d'une âme en plomb pur; de petites saillies de section triangulaire, espacées de 1,5 *mm*, sont juxtaposées de chaque côté de l'âme, ce qui permet, pour un poids donné de plaques, d'obtenir une surface active considérable. Cette surface est de 20 à 25 dm^2 par kilogramme de plaque, tandis qu'elle n'est que de 3 à 4 dm^2 pour les autres types. La formation n'atteignant qu'une faible profondeur, la durée des plaques est prolongée; de plus, la partie du plomb qui compose l'âme, et qui n'a pas été transformée, conserve une très grande conductibilité et facilite le transport du courant.

Grâce à cette disposition, les plaques Tudor peuvent supporter

des régimes de courant de charge et de décharge élevés sans détérioration. Elles ont permis de créer l'accumulateur à charge rapide.

Avec l'accumulateur Tudor, on peut obtenir une intensité de courant de charge de 10 à 12 ampères par kilogramme d'électrode, tout en maintenant une intensité de courant par décimètre carré de $\frac{10}{20} = 0{,}5$ ampère seulement.

Les plaques négatives sont du genre Faure, avec de la litharge comme matière active.

Charge d'une batterie. — On peut charger une batterie, soit en mettant les éléments *en quantité*, soit en les mettant *en série*. C'est généralement cette dernière méthode qui est employée. La force électromotrice de chaque élément, à fin de charge, étant de 2,5 volts, il en résultera que la force électromotrice totale de la dynamo génératrice devra être égale à 2,5 volts, multipliée par le nombre d'éléments. Mais, comme cette force électromotrice doit toujours être supérieure à la force contre-électromotrice de la batterie, il est d'usage d'augmenter de 10 0/0 environ cette force électromotrice réelle de la batterie.

La mise en charge d'une batterie peut s'opérer de trois manières différentes :

1° A potentiel constant ;
2° A intensité de courant constante ;
3° A puissance constante.

Nous ne parlerons que de la première, qui est la plus simple et, en même temps, la seule employée, croyons-nous, pour la traction électrique.

Avec cette méthode de charge à *potentiel constant*, l'intensité du courant n'est pas constante pendant l'opération ; elle est maximum au début, ce qui est sans inconvénient, puisqu'à ce moment la matière active est déchargée, et minimum à la fin de charge, ce qui est également avantageux, puisque la matière active est presque entièrement formée.

D'après des expériences faites à la Compagnie du Nord, avec une durée de charge de huit heures, au bout d'une heure, l'énergie emmagasinée était de 50 0/0 de l'énergie totale, au bout de deux heures de 75 0/0, et au bout de quatre heures de 86 0/0.

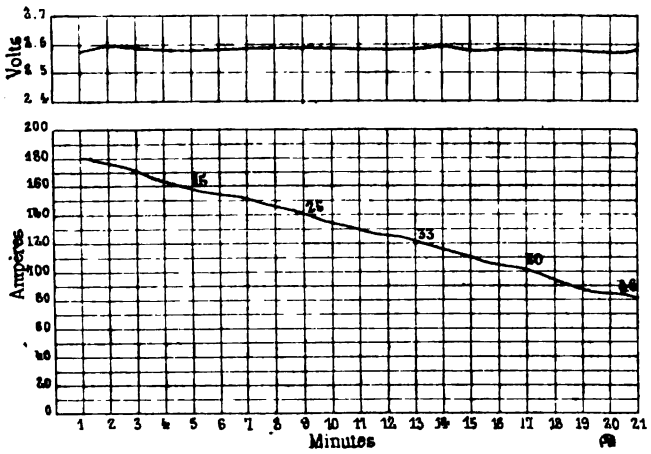
On voit l'avantage de cette méthode qui, dès le début de la charge, emmagasine dans la batterie une proportion considérable

de la capacité totale. Cette proportion sera, du reste, d'autant plus grande que l'intensité du courant au début sera elle-même plus grande.

Dans le cas de certains accumulateurs à composition hétérogène, il y a lieu de limiter cette intensité de courant, afin d'éviter la désagrégation ; ainsi, dans le cas dont nous venons de parler, on a limité la charge au début à 5,5 ampères par kilogramme de plaque, en scindant l'opération en deux parties et en chargeant sous divers potentiels. Pendant trois heures, la tension a été de 260 volts, soit 2,4 volts par élément, avec une intensité de courant variant entre 5,5 et 0,7 ampères par kilogramme et, pendant le reste du temps, soit pendant cinq heures, la tension a été portée, au moyen d'un survolteur, à 280 volts, soit 2,60 volts par élément, avec une intensité de courant variant entre 3,2 et 0,55 ampères par kilogramme.

Avec les accumulateurs autogènes, genre Tudor, on peut em-

Fig. 23. Courbe de charge d'un élément Tudor.



ployer des intensités de courant plus grandes au début et emmagasiner dans un temps très court, dans la batterie, une proportion très grande de la capacité totale de celle-ci. Ce sont ces éléments à grande surface, pouvant supporter, pour un poids donné, une intensité considérable de courant, qui ont permis l'emploi de la charge rapide à la traction électrique par accumulateurs, dont nous donnons plus loin des exemples.

Pour montrer l'allure de chargement d'un élément de ce type, nous reproduisons *(fig. 23)* le diagramme communiqué par M. Blan-

chon à la Société des Ingénieurs-Électriciens. Il s'agit d'un élément Tudor, semblable à ceux en service sur les tramways de Puteaux et de Neuilly, chargé à voltage constant voisin de 2,6 volts. Cet élément pèse 18 *kg* en ordre de marche et a une capacité utilisable de 60 ampères pour une décharge d'une heure; pour une décharge en dix heures, la capacité utilisable eût été doublée.

Au début de la charge, l'intensité du courant est de 180 ampères, soit 10 ampères par kilogramme et, au bout de vingt minutes, cette intensité est réduite à 90 ampères, soit moitié.

Au bout de cinq minutes, la quantité emmagasinée est de 15 ampères, soit 25 0/0 de la capacité utilisable;

Au bout de neuf minutes, la quantité emmagasinée est de 25 ampères, soit 42 0/0 de la capacité;

Au bout de treize minutes, la quantité emmagasinée est de 33 ampères, soit 55 0/0.

Au bout de vingt et une minutes, la quantité emmagasinée est de 46 ampères, soit 77 0/0.

Décharge. — A fin de charge, nous avons vu que la force électromotrice d'un élément était de 2,5 volts; au début de la décharge, cette force électromotrice est de 2,1 volts et s'abaisse très rapidement, pendant *le coup de fouet*, à 1,98 volt. Pendant la durée de la décharge, elle varie entre 1,98 et 1,85 volt. A la fin, elle décroît de 1,85 à 1,7 volt et se termine ensuite à 0.

Il ne faut pas laisser le voltage s'abaisser au-dessous de 1,85 volt, sans quoi des détériorations très rapides se produiraient dans la batterie.

Pour avoir la force électromotrice pendant la décharge, il faudra donc multiplier le nombre d'éléments par 1,85 volt.

Capacité d'un accumulateur. — Si on décharge un accumulateur complètement chargé, jusqu'à ce que la force électromotrice tende à devenir inférieure à 1,85 volt, la quantité d'électricité ainsi restituée sera la *capacité utilisable* de cet accumulateur. On peut rapporter cette quantité soit au kilogramme de plaque, soit au décimètre carré de surface d'électrode. C'est le premier rapport qui est le plus généralement employé, du moins en France; on l'exprime en ampères-heure.

Cette capacité utilisable n'est pas constante: elle varie avec le temps de décharge, suivant une loi variable avec le type d'accumulateurs.

Entre une durée de décharge de dix heures et une de cinq heures, la capacité utilisable varie peu, mais avec une durée de décharge de deux heures elle s'abaisse à 65 0/0, pour une heure à 45 0/0 et pour une demi-heure à 30 0/0.

Pour un élément hétérogène avec oxydes rapportés, on obtiendrait une courbe un peu différente : pour les décharges lentes, les capacités seraient un peu plus grandes et pour les décharges rapides un peu plus faibles.

Si, comme aux tramways de Madeleine-Puteaux, on prend comme base de calcul de la batterie le chiffre de 45 ampères-heure déchargés en une heure, on verra que cette quantité, qui est, du reste, supérieure à celle réellement employée, pourra être récupérée en dix-huit minutes environ, si on se reporte à la figure précédente *(fig. 23)*.

Rendement. — On peut considérer deux espèces de rendements, celui en *quantité* et celui en *énergie*.

Le premier est le rapport entre le nombre d'ampères-heure restitués à la décharge et celui qu'on a dû fournir à la charge. Ce rapport, qui peut atteindre 90 0/0, est, en général, voisin de 80 0/0.

Le rendement en énergie est le rapport entre l'énergie restituée et celle fournie à la charge. Ce rapport est, en moyenne, de 70 0/0. Il est inférieur au premier, par suite de la différence de voltage de l'élément à la charge et à la décharge.

Rendement total. — La charge des accumulateurs se fait, soit directement, soit par l'intermédiaire de feeders, au moyen d'une dynamo à courant continu, avec enroulement compound maintenant constant le champ magnétique ou aussi avec enroulement shunt. Cette dynamo est actionnée par une machine à vapeur, directement ou par courroies.

Il est intéressant de connaître le rendement total du système, c'est-à-dire le rapport entre le travail à la jante des roues du véhicule et celui produit dans le cylindre de la machine à vapeur de l'usine centrale.

Ce rendement dépend de celui :

1° Des moteurs des voitures qu'on peut prendre égal à 0,70, démarrages compris ;

2° Des accumulateurs, qui est de 0,70 ;

3° De la dynamo génératrice et de la machine à vapeur, qu'on

peut admettre de 0,80 environ, avec rechargement à l'usine, les moteurs ayant, dans ce cas, un travail à peu près constant.

Le rendement total sera donc :

$$0{,}70 \times 0{,}70 \times 0{,}80 = 0{,}40.$$

Ce chiffre est un maximum qui n'est pas toujours atteint, surtout lorsqu'il s'agit de rechargements à poste fixe, où le travail des machines motrices est moins régulier, par suite de l'inégalité dans le nombre des voitures à charger au même moment et, par suite, des pertes dues aux feeders d'alimentation des postes fixes.

Ces renseignements généraux sur les accumulateurs étant donnés, nous pouvons maintenant examiner leurs différents modes d'application à la traction électrique des tramways. Comme nous l'avons dit au début, ceux-ci sont toujours installés sur la voiture, mais c'est leur mode de rechargement qui peut différer.

Mode de chargement.

a) *Batteries interchangeables. — Le premier mode de rechargement* des accumulateurs, qui consiste à remplacer, à l'usine centrale, la batterie épuisée par une nouvelle, chargée par avance, est le mode le plus anciennement employé et encore aujourd'hui le plus largement usité pour le système de traction par accumulateurs. C'est celui adopté en 1893 par la Compagnie des Tramways de Paris et du département de la Seine pour les lignes de Saint-Denis-Opéra-la Madeleine-Neuilly.

Au début de l'exploitation, le changement des batteries se faisait après épuisement à peu près complet de celles-ci, c'est-à-dire après trois voyages aller et retour, et le rechargement des batteries à l'usine se faisait en cinq heures.

Actuellement, la batterie est renouvelée après chaque voyage aller et retour, après utilisation d'une partie seulement de sa capacité, ce qui permet de réduire la durée du rechargement à environ trente à trente-cinq minutes.

Nous allons dire quelques mots de cette installation, telle qu'elle existe aujourd'hui, après les différentes transformations successives opérées depuis 1893.

Les lignes en exploitation sont au nombre de trois : 1° Madeleine-Saint-Denis ; 2° Opéra-Saint-Denis ; 3° Saint-Denis-Neuilly.

La longueur des deux premières est d'environ 9250 *m* chacune,

dont la moitié à peu près en dehors de Paris ; les rampes atteignent une inclinaison de 38 *mm* par mètre à certains endroits, notamment dans la rue de Maubeuge, dans la rue de Rome et dans l'avenue de Saint-Ouen.

La longueur de la troisième ligne, celle de Saint-Denis à Neuilly, est de 6 *km* environ, tout entière en dehors de Paris; les rampes y sont faibles et de peu de longueur.

Les rayons des courbes descendent, à certains endroits, jusqu'à 20 *m* de rayon.

L'usine centrale et le dépôt sont installés à Saint-Denis, au point terminus des trois lignes. Le courant nécessaire au rechargement des batteries est fourni par des dynamos Desroziers actionnées par des machines horizontales Corliss. A la vitesse de 600 tours, chaque dynamo produit 230 ampères sous 300 volts et la puissance de la machine Corliss qui les actionne est de 125 *ch.*

Une disposition spéciale avec fosses, wagonets et installation hydraulique permet d'opérer rapidement le changement des batteries de la voiture; cette opération dure de trois à quatre minutes.

La voiture à impériale couverte *(fig. 5, Pl. 227)*, due à M. Johannet, contient 50 places ; la caisse repose sur un truck par l'intermédiaire de ressorts, dont deux extrêmes, à pincette, qui ont pour but de diminuer le mouvement de tangage. Le truck porte, par l'intermédiaire de ressorts à lames, sur deux essieux espacés de 2,10 *m.*

Le poids de la voiture se répartit ainsi :

Voiture à vide	9,500 *t*
Batterie	4,000
Voyageurs	3,500
TOTAL	17,000 *t*

Les accumulateurs sont placés dans deux caisses suspendues au-dessous de la voiture, à chacune de ses extrémités. Chaque caisse contient quatre-vingt-douze éléments reliés à poste fixe en série. A la décharge, ces deux caisses étant également accouplées en série, le voltage de décharge est d'environ 350 volts. Chaque élément se compose de six plaques négatives et de cinq positives ; les plaques positives sont à oxyde rapporté, du type à auget; les négatives sont également du type à auget ; les dimensions de ces plaques sont de 100×300 *mm.*

Chaque élément, y compris l'acide, les bacs et les connexions, pèse 22 *kg* et la capacité utilisable de chaque élément, avec une décharge de deux heures et demie, est d'environ 100 ampères-heure, soit, par kilogramme d'élément, $\frac{100}{22} = 4{,}54$ ampères-heure, avec une énergie utilisable de $4{,}54 \times 1{,}85 = 8{,}40$ watts-heure.

Chaque essieu est actionné par un moteur à simple réduction, type Walker, excité en série et produisant environ 30 *ch* à la vitesse de 600 tours.

La régulation s'obtient par la méthode série-parallèle avec six modes de groupage, trois, dont deux avec résistances pour les deux moteurs en série, et trois également, avec deux résistances, lorsqu'ils sont en parallèle.

Le freinage des voitures se fait soit par un frein ordinaire à sabot, soit par le freinage électrique, en mettant les deux moteurs en court circuit l'un sur l'autre.

La dépense moyenne d'énergie, pour un voyage aller et retour de 19 *km*, entre Saint-Denis et la Madeleine ou l'Opéra, est de 16 kilowatts-heure, c'est-à-dire 842 watts-heure par kilomètre-voiture, et de $\frac{842}{16} = 53$ watts-heure par tonne kilométrique. La dépense moyenne est donc : $\frac{16000}{350} = 46$ ampères-heure pour ce voyage aller et retour. C'est cette dépense qui est restituée à la batterie, après chaque voyage.

Le rechargement se fait en groupant les deux caisses en parallèle de manière à avoir un voltage à la charge de $92 \times 2{,}6 = 240$ volts, voltage un peu inférieur à celui qui peut être produit par les dynamos de l'usine centrale. L'intensité du courant, au début, est d'environ 150 ampères soit : $\frac{150}{22} = 6{,}84$ ampères par kilogramme de plaque. A la fin de la charge, qui dure de 30 à 35 minutes, l'intensité du courant est réduite à 40 ampères.

Le même système de rechargement vient d'être appliqué par la Compagnie des Tramways de Paris et du Département de la Seine aux nouvelles voitures à accumulateurs destinées au service de la ligne de la Madeleine à Gennevilliers. Ces voitures *(fig. 6, Pl. 227)*, sont entièrement semblables à celles d'Aubervilliers et de Pantin et les accumulateurs sont disposés de même entre les deux bogies. Seulement le nombre d'éléments est réduit à 160

et chaque élément du poids de 26 *kg* est composé de 13 plaques à augets et à oxyde rapporté de 100×300 *mm*.

Une installation semblable a été faite ces temps derniers à Ostende et une autre vient d'être inaugurée à Gand pour un réseau de tramways d'environ 40 *km* de longueur.

Nous pouvons encore citer, en Europe, les lignes suivantes où ce mode de traction par accumulateur et chargement de batterie à l'usine centrale, est appliqué :

En Allemagne : le réseau de tramway de 70 *km* de longueur de la ville de Dusseldorf; celui de 8,4 *km* de Hagen; celui de 4,8 *km* de Charlottenbourg et enfin celui de 61 *km* de Ludwigshafen.

En Angleterre : la ligne de tramway de Birmingham de 4,8 *km* de longueur.

En Hollande : le tramway de la Haye-Scheveningue de 3,2 *km* de longueur.

En Italie : le tramway installé par la Société Italienne des Chemins de fer de la Méditerranée, sur une longueur de 13 *km* entre Milan et Monza, sur la grande ligne internationale reliant Milan avec Bâle par le Gothard. Sur cette ligne, nouvellement ouverte, circulent des voitures à bogie de 17,80 *m* de longueur contenant 64 places. Ces voitures, actionnées par deux moteurs, un sur chaque bogie, pèsent 58 *t*, dont 18 *t* pour les accumulateurs. Ceux-ci, placés dans des caisses au-dessous de la voiture, se composent de 130 éléments divisés en deux batteries, pouvant être associés soit en parallèle, soit en série Dans ce cas qui est celui de la marche normale, le voltage de décharge est de 240 volts. Le rechargement se fait sur la voiture même, sans déplacement des accumulateurs. Le courant de rechargement est fourni par les courants triphasés à 3 600 volts produits par l'usine de Padderno-d'Adda et transformés en courant continu par un transformateur rotatif à la gare de Milan.

La vitesse de marche est de 45 *km* à l'heure et le prix de revient des voitures, toutes équipées, est de 100 000 *f*.

b) *Station de rechargement des batteries.* — Avec le *deuxième mode de rechargement* des accumulateurs, cette opération se fait à poste fixe et à des endroits désignés.

On en trouve une application très intéressante sur la ligne de tramways Madeleine-Levallois-Courbevoie-Neuilly appartenant à la Compagnie des tramways de Paris et du Département de la

Seine (1). Ce réseau se compose de trois lignes : l'une, de 6,9 *km*, relie la Madeleine à Courbevoie-Neuilly ; l'autre, de 5,3 *km*, relie la Madeleine avec Courbevoie ; la troisième, d'une longueur de 4,9 *km* se termine à Levallois. Le profil en long de ces lignes, quoique peu accidenté, présente cependant à l'aller, boulevard Malesherbes, une rampe continue de 0,016 *m* sur 900 *m* de longueur. Au retour, on trouve avenue de Villiers, une rampe continue de 0,010 à 0,012 *m* sur 950 *m*.

Les accumulateurs, placés sous les banquettes des voitures, sont rechargés à chacun des postes terminus après un voyage aller et retour et pendant le stationnement des voitures, c'est-à-dire pendant 10 minutes environ. Chacun de ces points terminus est relié, au moyen de feeders, à l'usine centrale de Puteaux, installée sur le bord de la Seine, dans le but de faciliter l'approvisionnement en charbon et en eau. Ces feeders sont calculés de manière que la perte de potentiel soit la même pour chacun d'eux et d'environ 10 à 13 0/0.

Dans l'usine centrale se trouvent des générateurs de vapeur multitubulaires Babcock et Wilcox, timbrés à 16 *kg*, servant à alimenter trois machines à vapeur verticales à triple expansion du type Willans et Robinson. Ces machines, d'une puissance de 200 *ch* chacune, à la vitesse de 460 tours par minute, actionnent directement des dynamos Brown à 4 pôles et excitation shunt, avec calage fixe et balais au charbon, fournissant 200 ampères sous 600 ou 660 volts, soit environ 120 kilowatts.

Le nombre des voitures en chargement ne pouvant être toujours le même, et ce chargement ne pouvant être soumis à un horaire absolument fixe, on a installé à l'usine centrale une batterie d'accumulateurs formant *volant*, qui permet de faire fonctionner les génératrices à charge presque constante.

Le potentiel aux postes de charge des voitures varie entre 574 et 587 volts.

Les postes de charge aux points terminus où aboutissent les feeders d'alimentation ont la forme d'avertisseurs d'incendie. La boîte de prise du courant, placée à la partie supérieure de la colonne, est reliée au moyen de deux câbles souples en caoutchouc, aux accumulateurs des voitures, et un appareil sonore prévient le wattman lorsque la batterie est à fin de charge.

Les voitures à impériale couverte contenant 50 places, pèsent

(1) Voir *Bulletin de la Société des Ingénieurs Civils de France*, juin 1898. Traction électrique des tramways par accumulateurs à charge rapide (Drouin).

14 *t* en ordre de marche. La caisse repose, au moyen de six ressorts, sur un truck qui, lui-même, repose sur les essieux par l'intermédiaire de ressorts à lames.

Chaque essieu est actionné par une dynamo à simple réduction d'une puissance normale de 15 *ch* et de 25 *ch* au maximum.

Les accumulateurs, placés sous les banquettes, sont du type Tudor, dont nous avons parlé précédemment. Ils se composent de 200 éléments couplés à poste fixe en série, donnant un voltage aux bornes d'environ 400 volts. Chacun des éléments pèse 18 *kg* avec les accessoires, soit pour la batterie un poids total de 3 600 *kg*. Chaque élément se compose de deux plaques positives formation Planté, et de trois plaques négatives formation Faure.

La régulation de la vitesse s'obtient au moyen d'un régulateur série-parallèle avec rhéostat liquide au début.

Un commutateur placé sur la plate-forme de la voiture permet de mettre la batterie en communication, soit avec le régulateur, soit avec les bornes des postes de charge.

L'énergie dépensée par kilomètre-voiture aux bornes de celle-ci, a été trouvée, à la suite de nombreuses expériences, de 550 watts-heure; celle de l'usine centrale étant de 770 watts-heure, le rendement moyen est de 70 0/0.

Cette énergie dépensée de 550 watts-heure par kilomètre-voiture correspond, pour un parcours de 14 *km* aller et retour entre la Madeleine et Courbevoie, à une dépense en ampères-heure de $\frac{550 \times 14}{400} = 20$ ampères-heure environ.

Or si nous nous reportons à la courbe de charge donnée plus haut *(fig. 23)*, nous voyons que cette énergie pourra être récupérée en 7 minutes environ. En pratique cette durée de charge varie entre 8 et 13 minutes, par suite du rendement de l'accumulateur qui nécessite une récupération de $\frac{20}{0,7} = 25$ ampères-heure.

Au début de la charge, l'intensité du courant est de 180 ampères, soit par kilogramme de plaques, de : $\frac{180}{18} = 10$ ampères ou, par décimètre carré de surface, de : $\frac{10}{20} = 0,5$ ampère. En fin de charge cette intensité est de 150 ampères, soit : $\frac{160}{18} = 8,35$ ampères par kilogramme de plaque.

B. — **Locomotives sans foyer** *(Système Lamm et Francq)* (1).

Ce mode de traction où la vapeur n'est plus produite par la combustion dans un foyer intérieur comme dans les locomotives ordinaires et où, par conséquent, on évite les inconvénients inhérents à ce système, est surtout applicable à la traction de trains formés de plusieurs voitures; c'est donc sur les réseaux suburbains qu'il trouve, selon nous, plus naturellement sa place, non pas qu'en principe il ne puisse s'appliquer à des automotrices; mais, jusqu'ici du moins, nous n'en connaissons pas d'exemple.

Dans ce système la production de la vapeur est basée sur la grande capacité calorifique de l'eau.

La locomotive sans foyer se compose d'un réservoir formant chaudière, dans lequel se trouve une certaine quantité d'eau dont la température a été portée à un degré assez élevé et correspondant généralement à une pression initiale de 15 *kg*.

Cette chaudière, cylindrique, en tôle d'acier, enveloppée d'un enduit calorifuge, afin d'éviter la déperdition de calorique, est disposée sur un bâti en fer reposant lui-même sur deux essieux.

La masse d'eau, renfermée dans la chaudière, contient donc emmagasinée une quantité de chaleur capable de produire de la vapeur, à mesure que la pression initiale de la chaudière va en s'abaissant, par suite de l'utilisation de cette vapeur comme force motrice. La quantité de vapeur produite dépendra du volume d'eau contenu dans la chaudière et de la différence entre la pression initiale et la pression finale.

On limite généralement la pression initiale à 15 *kg* parce que, au-dessus de ce chiffre, tout accroissement de pression n'augmente que dans de très faibles proportions la vapeur produite par kilogramme d'eau.

Il n'en est plus de même pour la pression finale qu'il y aurait intérêt à abaisser autant que possible; mais alors la pression d'admission dans les cylindres moteurs devient trop faible : le rendement diminue, la consommation de vapeur par cheval augmente, et l'on se trouve dans l'obligation d'avoir des cylindres de grand diamètre et, par suite, lourds et encombrants.

(1) Le système Lamm, qui consistait à transvaser de l'eau à haute température, est abandonné. Le système Francq consiste à réchauffer l'eau du récipient par injection de vapeur.

On s'est donc décidé à prendre comme limites extrêmes : 15 *kg* comme maximum et 3 *kg* comme minimum, cette dernière pression étant la pression normale d'admission dans les cylindres. Toutefois, comme cette dernière serait insuffisante dans certains cas, et ne permettrait pas d'aborder des rampes assez fortes et de grande longueur, il faut, au moyen d'un détendeur spécial, se réserver la possibilité d'introduire dans les cylindres de la vapeur jusqu'à 8 *kg*, et, pour cela, n'aborder les plus fortes rampes que près des usines de chargement ou au moment où la presion dans la chaudière est encore supérieure à 8 *kg*, c'est-à-dire, après avoir accompli à peu près les deux cinquièmes du parcours total possible.

Quant au volume d'eau à introduire dans le récipient, il dépend du poids à traîner et du parcours à faire sur un profil donné.

La vapeur ainsi produite, à mesure des besoins, est recueillie dans un dôme placé à la partie supérieure de la chaudière, puis envoyée dans les cylindres moteurs; mais, sur son trajet, elle rencontre : d'abord un détendeur, qui permet au mécanicien de régler, à sa volonté, la pression d'admission dans les cylindres, quelle que soit celle du récipient; puis ensuite elle circule avant son arrivée aux cylindres, dans un tuyau placé, soit à l'intérieur du corps cylindrique, soit au milieu de gaz chauds produits par un appareil spécial, où elle se trouve séchée et même surchauffée.

L'appareil moteur ne présente rien de particulier et a beaucoup de ressemblance avec celui d'une locomotive ordinaire. Il se compose de deux cylindres, le plus souvent intérieurs, mais qui, cependant, peuvent être extérieurs; la distribution de la vapeur et le changement de marche s'opèrent avec les dispositions Stephenson, Walschaert, Joy ou autres. Dans le but d'éviter les retournements aux points terminus, on a soin de mettre en double les appareils de manœuvre, soit de la machine, soit des freins.

Les cylindres actionnent par des manivelles un des essieux relié au second par un accouplement.

La vapeur, en sortant des cylindres, se répand dans l'atmosphère; mais, afin d'éviter le panache de vapeur des locomotives ordinaires, on fait passer celle-ci soit dans un appareil formé de tuyaux placés au milieu d'un courant de gaz chauds qui la surchauffe et la rend invisible, soit dans l'eau froide, soit dans une lessive de soude, soit enfin dans un condenseur tubulaire à eau ou à air.

Lorsque la quantité de chaleur emmagasinée dans l'eau de la chaudière est épuisée et la pression finale atteinte, il faut introduire dans celle-ci une nouvelle quantité de vapeur un peu supérieure à la quantité dépensée, afin de tenir compte des pertes, et ayant une pression dépassant d'environ 1 *kg* la pression initiale dans le but de faciliter son introduction dans le récipient.

Ce rechargement s'opère dans une usine centrale où sont installées des chaudières, généralement multitubulaires, si l'écoulement de vapeur se fait d'une façon continue, mais qui cependant peuvent être de toute autre disposition ; dans tous les cas elles doivent être à grand volume d'eau si l'écoulement se fait par intervalle assez long entre deux charges. Les seules conditions qu'elles aient à remplir, c'est d'avoir une puissance de production de vapeur au moins égale à celle qui doit être fournie aux différentes locomotives en service, et de plus, de produire cette vapeur économiquement, en vaporisant au moins 8 *kg* d'eau par kilogramme de charbon ordinaire.

Le rechargement des locomotives s'opère en amenant celles-ci sur des voies munies de fosses. Des tuyaux longitudinaux à ces fosses sont branchés sur un gros tuyau qui, lui, est raccordé aux batteries des chaudières productrices de vapeur et sert de réservoir commun pour l'alimentation des différentes locomotives en rechargement. Un branchement relie chacun des tuyaux longitudinaux des fosses avec le corps du récipient de la locomotive ; un robinet d'introduction est réservé à cet effet. La vapeur, en pénétrant dans la chaudière, suit un tube perforé d'une façon particulière, placé horizontalement à la partie basse de celle-ci, s'échappe par ces petites ouvertures et traverse la masse d'eau qu'elle réchauffe rapidement et uniformément.

Le rechargement d'une chaudière dure généralement 20 minutes; mais il peut se faire en moins de temps. Par exemple, une batterie de chaudières qui aurait à charger 12 locomotives par heure, devrait opérer le chargement d'une machine en moins de 5 minutes. Le volume d'eau des chaudières devrait être calculé en conséquence, ainsi que la section d'écoulement de la vapeur, à son arrivée dans l'eau du récipient.

M. de Marchena dans son mémoire de 1894, s'est longuement étendu sur les locomotives sans foyer; il les a examinées d'une manière très intéressante, au point de vue technique et pratique, en donnant des renseignements complets sur les différentes applications faites jusqu'à cette époque. Nous-mêmes, aussi, dans

notre ouvrage sur la *Traction mécanique des tramways*, publié en 1897, avons étudié en détail ce système de traction; nous n'y reviendrons donc pas. Nous nous contenterons de rappeler les chiffres qui servent de base à l'étude des locomotives sans foyer.

Production de vapeur et travail. — La quantité de vapeur produite par 1 *kg* d'eau dont la pression s'abaisse depuis 15 *kg* jusqu'à 3 *kg*, chiffres généralement adoptés dans la pratique, est 125 *g*.

Le travail effectif produit par 1 *kg* de vapeur introduit dans un cylindre, avec une pression de 3 *kg*, une admission de 30 0/0 et un espace nuisible de 7 0/0, est de 12 000 *kgm*.

D'où il résulte que : 1 *kg* d'eau contenu dans la chaudière, en admettant les pressions extrêmes de 15 et 3 *kg*, produit un travail de $12\,000 \times 0{,}125 = 1\,500$ *kgm*.

Enfin, la consommation de vapeur par cheval-heure est de $\frac{270\,000}{12\,000} = 22{,}5$ *kg*, correspondant avec une vaporisation de 8 *kg*, par kilogramme de charbon, à une dépense de charbon de $\frac{22{,}5}{8}$ $= 2{,}80$ *kg* par cheval heure (1).

Détermination du poids de la locomotive. — Une dernière question intéressante est celle relative au poids à donner à une locomotive destinée à remorquer un poids donné sur un profil déterminé. Nous allons dire quelques mots de cette question.

On sait qu'une locomotive sans foyer pesant un poids P en charge, contient généralement un poids d'eau représenté par 0,25 P. Or, chaque kilogramme d'eau, lorsque la pression dans la chaudière s'abaisse de 15 à 3 *kg*, comme c'est le cas habituel, produit un travail de 1 500 *kgm*.

Donc le volume d'eau total contenu dans le récipient produira un travail représenté par :

$$0{,}25 \times 1\,500 \times P = 375\ P.$$

Si ce travail est produit pendant un temps T, le travail en chevaux, par seconde, sera :

$$\frac{375\ P}{75\ T} = 5\ \frac{P}{T}.$$

(1) Dans la pratique la vapeur opère avec une pression moyenne de 5 *kg* dans les cylindres.

Le poids de la locomotive par cheval-heure sera donc :

$$p = \frac{P}{\frac{5P}{T}} = \frac{T}{5}.$$

Il ne dépend donc que du temps de marche pendant lequel la vapeur sera utilisée. Plus sera court ce temps, moins sera élevé le poids par cheval et plus sera économique l'exploitation.

Si nous reportons cette valeur dans la formule :

$$x = \frac{P'n}{\frac{1\,000}{P} - n'},$$

qui représente le poids d'une locomotive devant remorquer un poids P′ sur une ligne où n et n' sont le nombre de chevaux nécessaires pour remorquer 1 t de train et de locomotive, sur un profil donné et à une vitesse déterminée, on a :

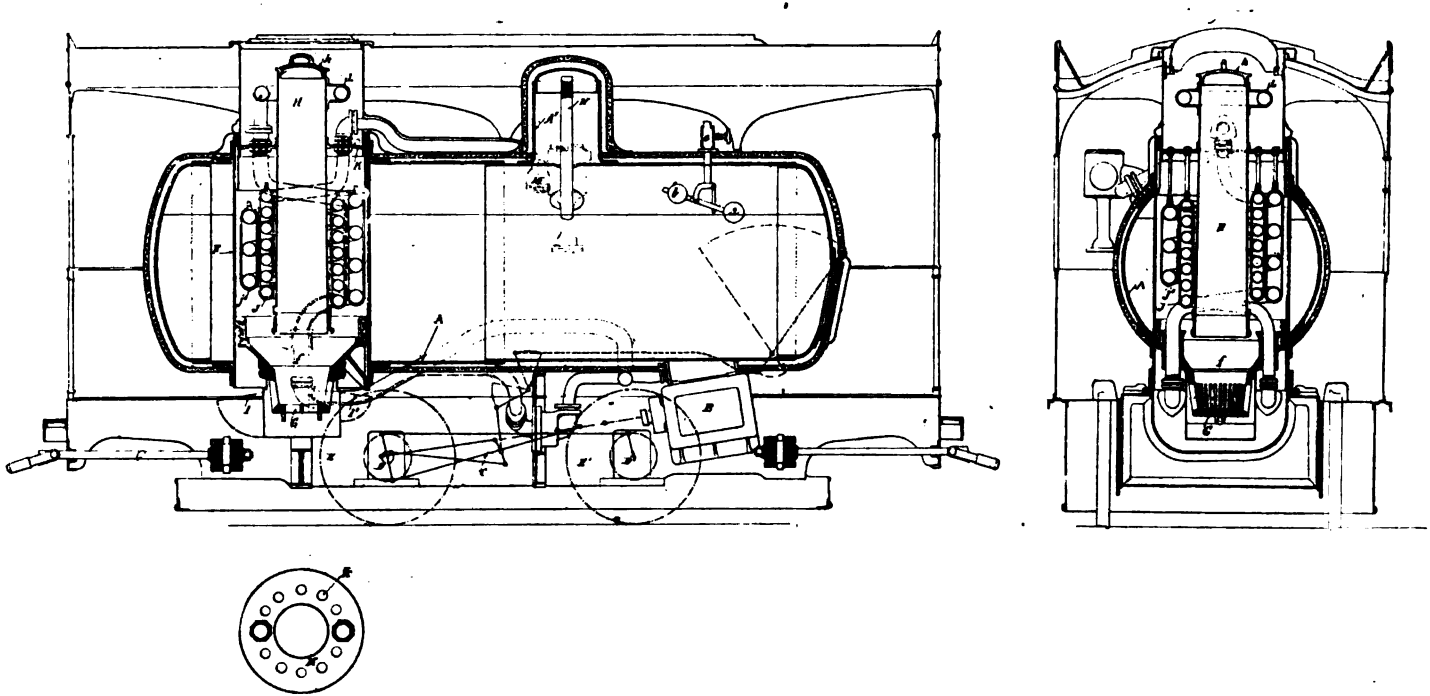
$$x = \frac{P'n}{\frac{1\,000}{\frac{T}{5}} - n'} = \frac{P'n}{\frac{5\,000}{T} - n'}.$$

Donc le poids d'une locomotive croît avec le poids mort à remorquer et la résistance du profil, ce qui est évident *a priori*, mais on voit aussi qu'il est en raison inverse du temps T pendant lequel l'eau totale du récipient est utilisée. Ceci montre l'avantage, surtout sur les profils un peu accidentés, du rapprochement des usines centrales, permettant un rechargement plus fréquent des récipients, un poids moins grand du moteur et, par suite, une exploitation plus avantageuse.

Il est bien évident que ce rapprochement des usines de rechargement entraine une dépense supplémentaire dont il faut tenir compte. C'est une étude particulière à faire pour chaque ligne, en mettant en balance, d'un côté, cette dépense supplémentaire due aux usines, et de l'autre, l'économie d'exploitation due au poids moins grand à remorquer résultant du poids moindre du moteur.

Une des dernières installations de lignes avec traction par locomotive sans foyer est celle du tramway de Saint-Germain à Poissy, ouverte en avril 1896. Nous en dirons quelques mots, d'autant plus que la locomotive présente des dispositions nou-

Fig. 24. Locomotive sans foyer du tramway de Saint-Germain à Poissy.



velles, intéressantes, qui la différencient du moteur antérieur décrit par M. de Marchena.

Tramways de Saint-Germain à Poissy. — Le tramway de Saint-Germain à Poissy, d'une longueur de 5 400 *m*, est à voie unique placée en accotement sur la route. La pente maximum est de 52 *mm* sur une longueur de 500 *m* environ avant l'entrée dans Poissy; sur le reste du parcours, la pente moyenne ne dépasse pas 8 *mm*.

Les courbes ont un rayon variant entre 500 et 25 *m;* elles existent sur 1/6e du parcours; les courbes de 25 *m* sont à la sortie de Saint-Germain et dans Poissy.

La voie est en rails Vignole posés sur traverses, sauf dans la traversée de Poissy où les rails sont à ornières du système Marsillon.

Les *locomotives (fig. 24 et fig. 4, Pl. 227)* ont les dimensions principales suivantes :

Diamètre du cylindre	0,350 *m*
Courses des pistons	0,300 *m*
Diamètre des roues	0,850 *m*
Diamètre intérieur de la chaudière	1,200 *m*
Longueur de la chaudière	4,200 *m*
Volume total de la chaudière	4 000 *l*
Volume d'eau	3 600 *l*
Pression maximum	15 *kg*
Poids à vide	12 *t*
Poids en charge	15,6 *t*

Le détendeur est à peu près le même que celui des locomotives de l'Étoile à Saint-Germain, mais ce qui caractérise cette locomotive et la différencie des autres types antérieurs, c'est la suppression du condenseur à air et son remplacement par un *surchauffeur de vapeur*, qui a donné de très bons résultats, en réduisant d'une manière appréciable la consommation de vapeur.

Vers l'une des extrémités, le récipient A est traversé par un gros tube vertical F qui est rivé sur lui et qui reçoit les appareils de surchauffe.

Ceux-ci comprennent un foyer conique *f*, une grille circulaire mobile G qu'on peut animer d'un mouvement circulaire intermittent ou continu, dans le but d'expulser les mâchefers et les escarbilles; un tube vertical de chargement de combustible H,

fermé à sa partie supérieure par un couvercle *k*; des vannes I et L que le mécanicien commande de sa plate-forme et qui permettent de régler l'entrée de l'air sous la grille, suivant le sens de la marche et l'intensité de la combustion et, finalement, les serpentins J et J' qui entourent le tube de rechargement et sont en contact direct avec les gaz du foyer; le serpentin intérieur est parcouru par la vapeur se rendant aux cylindres et le serpentin extérieur J' par la vapeur d'échappement. Les gaz du foyer s'échappent par les trous K percés dans la plaque horizontale et la vapeur d'échappement, après avoir été surchauffée dans le gros serpentin J', vient se mélanger avec les gaz chauds, en sortant par les trous pratiqués sur le pourtour de la couronne L. De cette façon, la vapeur d'échappement surchauffée et mélangée aux gaz du foyer, qui sont encore à haute température, peut être complètement invisible à sa sortie; on évite ainsi le panache, si l'on donne au surchauffeur une surface de chauffe calculée pour cela.

De plus, la vapeur produite par l'eau du récipient est surchauffée à son passage dans le serpentin J, avant de se rendre aux cylindres, ce qui, comme nous l'avons dit plus haut, donne une économie de vapeur pour un même travail, en permettant d'augmenter sensiblement le parcours pour une même quantité d'eau chaude, puis d'accroître en rampe l'énergie du démarrage (1).

Les voitures sont à bogie et à intercirculation; elles sont élégantes, hautes, confortables et bien aménagées; elles contiennent 50 et 60 places (voitures d'été), leur poids respectif à vide est de 5 600 et 5 160 *kg*.

C. — Traction par l'air comprimé *(Système Mékarski)*.

Le principe de ce mode de traction est le suivant. Des compresseurs, actionnés par une machine à vapeur, refoulent dans des réservoirs, installés dans l'usine centrale, de l'air à une certaine pression. Cet air comprimé est ensuite transvasé dans d'autres réservoirs placés sur les véhicules et sert à produire la force motrice de ces derniers, en agissant dans des cylindres actionnant les essieux.

(1) M. Francq nous a fait savoir que le dispositif adopté à Poissy, à titre d'essai, en raison des effets consignés à la suite d'expériences, sera perfectionné dans d'autres applications qu'il a projetées.

Avant l'épuisement de l'air contenu dans les réservoirs des véhicules, ceux-ci reviennent à l'usine centrale ou à des points fixes de chargement, pour renouveler leur approvisionnement.

Dans ce système on a donc :

1° A comprimer de l'air dans les réservoirs de l'usine centrale à une pression qui reste à déterminer ;

2° A prendre dans ces réservoirs l'air comprimé et à l'introduire à la même pression dans les réservoirs des voitures, soit à l'usine centrale, soit à des points fixes et déterminés ;

3° Enfin, à employer cet air emmagasiné dans les réservoirs des voitures, pour obtenir la force nécessaire à leur propulsion.

Ce sont ces différentes questions, ainsi que les dispositions prises pour les résoudre pratiquement, que nous allons résumer brièvement.

Tout d'abord nous ferons remarquer qu'en employant de l'air comprimé à des pressions élevées, on emmagasine dans les voitures, sous un petit volume, un poids d'air permettant de parcourir une plus grande distance sans renouvellement. Mais, d'un autre côté, le travail de compression augmente, ainsi que les pertes inévitables résultant de la différence entre la pression des réservoirs et celle d'admission dans les cylindres.

Avec des pressions faibles (15 à 20 *kg*), on évite ce dernier inconvénient, mais, par contre, les renouvellements d'air deviennent plus fréquents, les points de rechargement se multiplient et les frais de traction augmentent.

En fait, quoique quelques Ingénieurs préconisent des pressions moyennes, voisines de 50 *kg*, on semble cependant, actuellement, tendre vers l'emploi de pressions plus élevées. Sur la ligne de Saint-Augustin-Cours de Vincennes, la Compagnie Générale des Omnibus admet une pression de 60 *kg*, et sur celle de Louvre-Boulogne-Versailles, une pression de 80 *kg* ; c'est cette dernière pression qu'elle adoptera pour ses nouvelles installations sur les lignes d'Auteuil-Madeleine, Montrouge-Gare de l'Est, Passy-Hôtel de Ville et Muette-Taitbout. La traction, sur ces lignes, se fera exclusivement au moyen d'automotrices.

Usine centrale de compression de l'air. — Comme le travail nécessaire pour la compression de l'air, surtout aux pressions élevées de 60 ou 80 *kg* est toujours considérable, il y a lieu de rechercher le mode de compression le plus économique. Or, le calcul

et l'expérience démontrent que la compression isothermique, c'est-à-dire celle où, pendant la compression, la température de l'air reste à peu près constante, est de beaucoup la plus avantageuse. Pour des pressions de 80 *kg*, le travail nécessaire est environ la moitié de celui résultant de la compression adiabatique, où la température de l'air varie pendant la compression.

Aussi est-ce au premier mode de compression qu'on a toujours recours, en refroidissant d'abord les cylindres de compression par une circulation d'eau autour de leurs parois et en refroidissant ensuite l'air à comprimer par des injections d'eau.

De plus, lorsqu'il s'agit de pressions élevées, on a recours à la compression étagée qui permet de se rapprocher presque complètement de la compression isothermique.

Dans ce cas, on a reconnu que le meilleur résultat est obtenu lorsqu'un même rapport est donné aux compressions successives, c'est-à-dire lorsque :

$$R = \sqrt[n]{P}$$

où P représente la pression finale et *n* le nombre d'étages.

Ainsi, pour une compression d'air à 80 *kg* avec trois étages, on a :

$$K = \sqrt[3]{80} = 4{,}31 \ kg.$$

On comprime d'abord l'air dans un premier cylindre à la pression de 4,31 *kg* et on envoie cet air dans un petit réservoir où il prend la température ambiante. Il est ensuite comprimé dans un second cylindre, de la pression de 4,31 *kg* à celle de $4{,}31 \times 4{,}31 = 18{,}50$ *kg*, puis refroidi dans un second petit réservoir. Enfin, il est comprimé de la pression de 18,50 *kg* à la finale de :

$$18{,}50 \times 4{,}31 = 80 \ kg.$$

Par suite de ces refroidissements successifs dans les petits réservoirs et, par suite des injections d'eau dans les différents cylindres, la compression peut être considérée comme pratiquement isothermique.

En tenant compte du rendement des compresseurs, qui varie entre 0,63 pour une compression à deux étages, et 0,58 pour une compression à trois étages, et du rendement de la machine à vapeur motrice qui est de 0,80, on obtient les chiffres suivants qui donnent le nombre de kilogrammes d'air comprimé, par

cheval-heure, dans le cylindre de la machine à vapeur, en admettant la compression isothermique.

Pression finale,	30 *kg*	4,34 *kg*
—	50	3,68
—	60	3,24
—	80	3,03

Le type de compresseur à trois étages, pour une compression à 80 *kg*, adopté par la Compagnie Générale des Omnibus, se compose de deux cylindres inférieurs de 0,40 *m* de diamètre qui compriment l'air à la pression de 4,31 *kg*; le second cylindre supérieur de gauche, de 0,25 *m* de diamètre, le comprime à 18,50 *kg*, et le cylindre supérieur de droite à la pression de 80 *kg*.

Après sa compression, l'air est emmagasiné dans des réservoirs installés dans l'usine centrale. Mais avant de pénétrer dans ces réservoirs, on lui fait traverser d'abord un sécheur qui a pour but de débarrasser l'air de l'eau qu'il peut contenir et qui a pu s'y accumuler pendant la compression, puis un appareil qui porte le nom de déverseur, dont le but est de ne permettre la communication, entre les différentes parties de la canalisation d'air comprimé, qu'à une pression fixe et déterminée, mais ne pouvant jamais dépasser la pression limite fixée.

Les réservoirs qui sont disposés en batterie sont formés de cylindres en tôle d'acier réunis ensemble par une tuyauterie. Chaque cylindre a généralement un diamètre de 0,60 *m* et une hauteur de 2,30 *m*. Sa contenance est de 500 *l*.

Bouches de chargement. — Pour charger les voitures, on dispose des rampes de chargement dans l'usine centrale, contre un mur formant l'extrémité d'un hangar où sont disposées, perpendiculairement à ce mur, des voies avec fosses pour y recevoir les véhicules à recharger. Ces bouches de rechargement sont formées de deux tuyaux avec robinets, l'un pour l'air comprimé, l'autre pour la vapeur dont nous expliquerons tout à l'heure l'usage.

Lorsque le rechargement d'air ne se fait pas à l'usine centrale, mais en un point déterminé du réseau, on relie ce point avec l'usine centrale par une canalisation, soit en fonte, soit souvent en acier doux soudé, comme l'a fait la Compagnie générale des Omnibus, sur la ligne Boulogne-Sèvres où la pression est de

80 *kg* et où la canalisation atteint une longueur de 4 200 *m*; ces tuyaux ont un diamètre de 0,06 *m*.

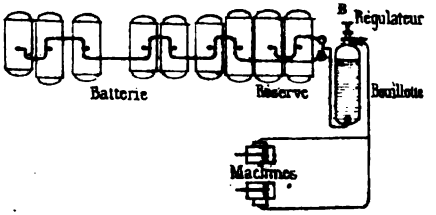
Lorsque, dans certains cas exceptionnels, la distance entre les deux postes devient considérable, on installe un petit hangar contenant une chaudière pour la production de la vapeur et de petits réservoirs d'air comprimé, en communication par la canalisation avec ceux de l'usine centrale.

Appareils moteurs des voitures. — L'air comprimé des réservoirs de l'usine centrale est introduit, soit à cette usine, soit aux bouches de rechargement situées sur la voie publique, dans des réservoirs *ad hoc* installés sur chaque véhicule; la pression dans ces réservoirs est la même que celle des réservoirs de l'usine.

Ces réservoirs, dont le volume dépend du parcours que les voitures ont à faire, sont placés sous la caisse entre les longerons et transversalement à l'axe longitudinal.

La figure 25 montre la disposition adoptée par la Compagnie générale des Omnibus. Les sept éléments qui forment la batterie d'arrière servent pour la marche normale et les deux éléments qui composent la batterie d'avant forment la réserve, en cas, soit de détresse, soit de rampes exagérées.

Fig. 25. Schéma de l'appareil moteur des voitures et des réservoirs



Chaque élément de cette batterie est formé d'un cylindre en tôle d'acier de 0,60 *m* de diamètre et de 1,20 *m* à 1,50 *m* de longueur; l'épaisseur de la tôle est de 12 *mm* pour une pression de 60 *kg*. Ces cylindres sont en tôle emboutie et l'un des fonds forme un seul et même morceau avec la partie cylindrique.

Nous avons donc dans ces réservoirs des voitures un poids d'air à une pression élevée et qui doit donner la force motrice nécessaire à la propulsion de la voiture, en le faisant agir par détente dans des cylindres moteurs actionnant les essieux.

Cet air est à la température ambiante, c'est-à-dire 12° environ, et si, dans ces conditions, on le fait agir dans les cylindres, il se détendra adiabatiquement, puisque, pendant ce travail, il n'y a aucun réchauffement d'air. Mais à la fin de la détente, en sup-

posant une pression d'admission dans les cylindres de 7 *kg*, cette température finale deviendra — 110°. L'eau contenue dans l'air se transformera en glace et bouchera toutes les ouvertures, lumières et purgeurs des cylindres.

Si, au contraire, on augmente par un moyen quelconque la température de l'air au moment où il va se détendre, la température finale se relèvera et, ce qui est aussi important, le travail produit par kilogramme d'air, pendant la détente, augmentera également. Ainsi, si ce travail est 1, lorsque la température d'admission est de 12°, il deviendra 1,30 pour une température d'admission de 100° et de 1,65 pour 200°.

Si, enfin, en outre du réchauffement de l'air *avant la détente*, on maintient ce réchauffement *pendant toute la durée de la détente*, d'adiabatique qu'elle était, celle-ci deviendra isothermique et le travail par kilogramme d'air augmentera.

Donc, pour rendre possible et pratique l'emploi de l'air comprimé comme force motrice, il faut élever à une certaine température l'air comprimé avant sa détente et maintenir cette augmentation de température pendant toute la durée de cette détente.

C'est en se basant sur ces principes, que M. Mékarski a étudié son système, ainsi que les dispositions adoptées par la Compagnie générale des Omnibus : nous allons les décrire brièvement.

Un réservoir *(fig. 25)* rempli d'eau chaude, à la température de 165 à 180°, est placé sur le véhicule. L'air comprimé pénètre dans ce réservoir, puis traversant la masse d'eau chaude, il s'échauffe et, en même temps, se sature de vapeur d'eau.

Cet air, chaud et saturé, se rend ensuite à la partie supérieure du réservoir pour être admis ensuite, à la volonté du mécanicien, dans les cylindres moteurs, au moyen du détendeur B.

Les deux conditions dont nous avons parlé tout à l'heure sont donc remplies, et la détente dans le cylindre se fera isothermiquement.

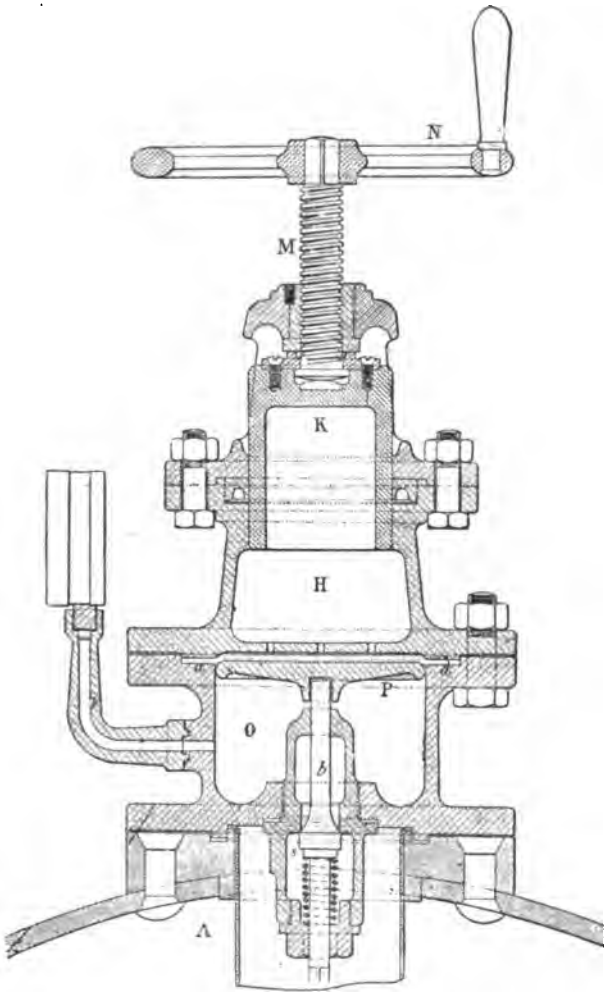
Certains perfectionnements seront apportés à ce réchauffeur d'air dans les nouvelles installations de la Compagnie des Omnibus,

Le détendeur est représenté figure 26. L'air saturé de vapeur d'eau pour passer du réservoir A (la bouillotte) dans le réservoir O, et, de là, aux cylindres moteurs, doit traverser la soupape d'introduction S, maintenue fermée par un ressort, et par la pression dans la bouillotte. Cette soupape est munie d'une

tige *b* s'appuyant sur le plateau P, qui s'appuie lui-même sur un disque en caoutchouc fixe *a*.

A la partie supérieure le réservoir H, rempli d'eau, est surmonté d'une cloche K pleine d'air. Par la manœuvre de la vis M,

Fig. 26. Détendeur.



au moyen du volant N, on peut abaisser ou relever la cloche K et, par suite, faire varier la pression dansce système KH qui forme presse hydraulique. Comme le fond du réservoir H est percé de trous, toute variation de pression, produite dans la presse hydraulique, sera transmise au diaphragme *a*, au pla-

teau P et, par suite, à la soupape S d'introduction d'air. On obtiendra ainsi une élasticité très grande et le mécanicien pourra, sans difficulté, régler la pression d'admission d'air dans les cylindres moteurs.

L'air saturé est admis dans les cylindres à une pression variable, suivant le travail à produire, mais ne dépassant pas 14 *kg*; elle est, en général, voisine de 8 *kg*; quant à l'admission, elle varie entre 25 et 30 0/0.

Une question intéressante et importante au point de vue pratique, est celle relative au travail produit par 1 *kg* d'air se détendant dans le cylindre, en supposant une admission de 30 0/0 et des pressions variables.

M. de Marchena, dans son mémoire et nous, dans notre ouvrage sur la traction mécanique des tramways, avons examiné assez longuement cette question. Il nous suffira de rappeler ici que, d'après les différentes consommations régulièrement relevées sur la ligne de Saint-Augustin-Cours de Vincennes, de la Compagnie générale des Omnibus, on semble pouvoir admettre que le travail à la jante produit par 1 *kg* d'air est d'environ 23874 *kgm* et dans les cylindres moteurs de 29842 *kgm*, ce qui, en définitive, donne entre la machine à vapeur de compression et la jante des voitures, aux différentes pressions, les rendements suivants (1) :

Pressions.	Rendements.
30 *kg*	38 0/0
50	33 0/0
60	29 0/0
80	27 0/0

On voit, d'après ce tableau, l'avantage des pressions modérées, si, à côté de cela, ne se trouvait pas le grave inconvénient des renouvellements fréquents.

Il résulte également de ces chiffres que le poids d'air dans les

(1) La résistance moyenne à la traction sur la ligne de Saint-Augustin-Cours de Vincennes est de 17,65 *kg* par tonne et la dépense d'air par kilomètre-voiture, de 10,35 *kg*. En admettant le poids de la voiture automotrice de 14 *t*, correspondant à la moitié des places occupées, le travail à la jante par kilomètre-voiture est de :

$$14 \times 17{,}65 \times 1000 = 247100 \text{ kgm}.$$

Le travail à la jante par kilogramme d'air sera donc :

$$\frac{247100}{10{,}35} = 23874 \text{ kgm},$$

et dans les cylindres moteurs avec un rendement de 0,80 : $\frac{23874}{0{,}80} = 29842$ *kgm*.

cylindres, nécessaire pour y produire un cheval-heure, est de 9,05 *kg*.

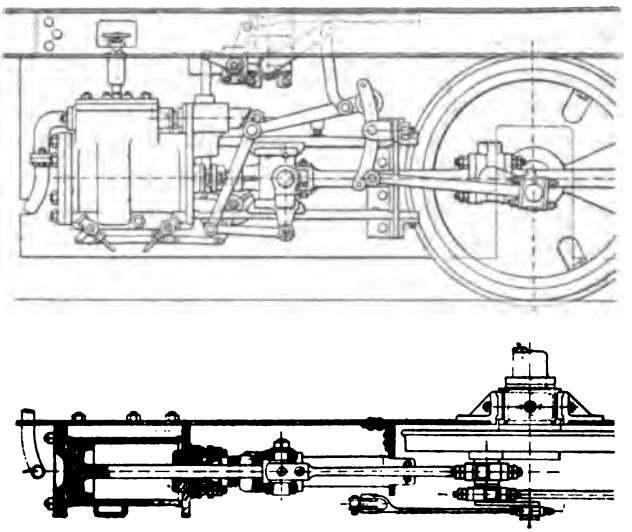
Automotrices de Saint-Augustin. — Les automotrices de la ligne Saint-Augustin-Cours de Vincennes peuvent remorquer une voiture ordinaire; elles reposent sur deux essieux avec un assez grand porte-à-faux à l'avant et à l'arrière, par suite de la nécessité de réduire l'espacement des essieux pour le passage dans les courbes de petit rayon *(fig. 9, Pl. 227)*.

La voiture est à impériale couverte à 50 places (20 places d'intérieur, 6 de plate-forme et 24 d'impériale).

Le poids se décompose comme suit :

Caisse	2 000	*kg*
Réservoirs et bouillotte	4 000	
Châssis et mécanisme	5 500	
Poids à vide.	11 500	*kg*
Air et eau	380	*kg*
50 voyageurs à 70 *kg*	3 500	
Poids en charge	15 380	*kg*

Fig. 27. Appareil moteur.



Les réservoirs d'air ont un volume total de 2,50 m^3, ce qui, à la pression de 60 *kg* correspond à un poids d'air de 187 *kg*.

La figure 27 montre la disposition d'un des cylindres moteurs

des automotrices de Saint-Augustin. Ces cylindres au nombre de deux, placés à l'arrière des voitures et extérieurement aux longerons, ont un diamètre de 0,19 *m* et une course de 0,26 *m*. Les deux essieux sont accouplés et les roues ont un diamètre de 0,75 *m*. La Compagnie des Omnibus a mis à l'essai la distribution Bonnefond sur une de ses nouvelles automotrices.

Locomotives à air comprimé. — Avant de terminer, nous dirons quelques mots des *locomotives à air comprimé* en service sur la ligne Louvre-Versailles, de la Compagnie des Omnibus et sur celle d'Arpajon, dans l'intérieur de Paris *(fig. 10, Pl. 227)*.

Afin d'éviter les retournements aux points terminus, les appareils de manœuvre sont doubles. Au lieu d'une seule bouillotte, comme sur les automotrices, le réchauffage de l'air s'obtient au moyen de deux réservoirs d'eau chaude placés horizontalement sous la plate-forme, ces deux réservoirs étant complémentaires l'un de l'autre.

Chacune de ces bouillottes communique avec le détendeur, placé sur la plate-forme, au moyen d'un tuyau vertical dont la partie supérieure, avant sa jonction avec le détendeur, se termine par une sorte de dôme.

Il y a huit réservoirs d'air placés longitudinalement, quatre de chaque côté et l'un au-dessus de l'autre. La pression dans ces réservoirs est de 80 *kg* et l'approvisionnement de 530 *kg* d'air.

Cette locomotive repose sur trois essieux couplés. Les cylindres moteurs sont extérieurs aux longerons. Elle pèse à vide 16 500 *kg* et en service 18 000 *kg*, également répartis sur les trois essieux.

La Compagnie générale des Omnibus, qui possède en service 21 automotrices Mékarski, a décidé d'augmenter le nombre de celles-ci en les améliorant au point de vue mécanique; 145 nouvelles voitures sont en construction actuellement dans divers ateliers et devront être mises en service en 1900 sur les nouvelles lignes à traction mécanique.

Autres systèmes. — A côté du système Mékarski, appliqué en France, à Nantes depuis 1879, sur les tramways Nogentais depuis 1887 et par la Compagnie générale des Omnibus depuis 1894, il convient de dire quelques mots de l'un des systèmes américains le plus employés.

L'American Power C° exploite à New-York le système H. Knight qui dérive du système Mékarski; l'exploitation se fait par 80 au-

tomotrices alimentées par des compresseurs Allis-Ingersoll de 1 000 *ch.* L'air comprimé à la pression de 180 *kg*, est emmagasiné dans des bouteilles en acier doux embouties; le poids du réservoir d'air est de 1 920 *kg*. L'air détendu passe dans un réchauffeur à eau chaude à 200°, d'où il sort et est utilisé à la pression de 22 *kg*, après avoir été humidifié dans un injecteur spécial. Les moteurs sont du type compound à tiroirs cylindriques; il y a un moteur par essieu, et le poids des deux moteurs est de 1 270 *kg*.

Les voitures pèsent 8,5 *t* et elles peuvent parcourir 25 *km* sans rechargement; leur fonctionnement est régulier et silencieux; leur dépense d'air ne dépasse pas 0,760 m^3 par voiture-kilomètre.

Enfin il convient de signaler également le système Popp-Conti, dans lequel l'air n'est comprimé qu'à 25 ou 30 *kg*, qui a donné lieu à des essais, à Saint-Quentin, en 1898, et sur les tramways de Vincennes en 1899. Ce système se caractérise par le réchauffage de l'air au moyen d'un foyer à coke et la disposition des voitures dans lesquelles la commande se fait de chacune des plates-formes, ce qui évite les retournements.

D. — **Tramways à gaz.**

Le gaz d'éclairage, comme force motrice, pour la traction mécanique des tramways dans les villes, paraît tout indiqué. On peut, en effet, l'obtenir sans difficulté et l'amener aux différents points où l'alimentation des voitures doit se faire : il n'y a pas à établir de conduites maîtresses, puisque celles-ci existent déjà.

Il est facile de comprimer ce gaz à la pression de 10 à 20 *kg* et de l'emmagasiner dans des réservoirs de dimensions moyennes et d'une capacité suffisante pour le parcours ordinaire des voitures. Il n'y a aucune modification à faire à la voie existante des tramways; quelques bouches de chargement seules sont nécessaires.

Mais si l'emmagasinement de l'énergie motrice est facile, il n'en est plus tout à fait de même de son emploi. Les moteurs à gaz ont fait, dans ces dernières années, d'immenses progrès, soit au point de vue du rendement mécanique, soit au point de vue de la consommation par cheval. Grâce à l'augmentation de la compression dans le cylindre et à l'emploi des soupapes pour l'introduction du mélange gazeux ou pour son échappement, les moteurs à quatre temps arrivent aujourd'hui à ne dépenser que 5 à 600 *l* et même moins par cheval.

Mais, d'un autre côté, ces moteurs à quatre temps exigent certaines conditions qui ne sont pas toujours compatibles avec la marche des tramways, dont la vitesse est variable, suivant le tracé et le profil, et qui doivent pouvoir s'arrêter à différents endroits, soit fixes, soit arbitraires.

Pour obtenir une vitesse de rotation uniforme, le moteur à quatre temps exige un volant assez lourd, qui prend de la place.

Afin d'éviter l'augmentation du poids du moteur, il faut donner à celui-ci une grande vitesse et la maintenir aussi constante que possible. De là la nécessité de combinaisons cinématiques pour obtenir les variations de vitesses nécessaires aux tramways.

La difficulté de mise en marche des moteurs à quatre temps, qu'on ne peut obtenir qu'en faisant tourner le volant à la main, oblige de laisser marcher le moteur pendant les arrêts. De là une consommation inutile de gaz et des trépidations souvent désagréables.

Comme les moteurs actuels ne peuvent marcher que dans un seul sens, il faut une seconde combinaison cinématique pour obtenir le renversement de marche. Enfin, le cylindre du moteur doit être constamment rafraîchi par un courant d'eau, ce qui nécessite l'installation sur la voiture d'un réservoir avec circulation d'eau.

L'appareil moteur ne sera donc plus aussi simple que le moteur à vapeur ou à air comprimé; c'est là le point faible des tramways à gaz.

Les moteurs récents à quatre temps à combustion et à compression très élevée (35 *kg*), du type Diesel, permettront peut-être d'améliorer les moteurs à gaz, en rapprochant leur fonctionnement de celui des machines à vapeur ordinaires. Toutefois les essais de ces moteurs, très intéressants à tous les points de vue et qui ont fait grand bruit dans le monde technique, n'ont pas encore donné de résultats assez définitifs, ni assez concluants, pour considérer le problème comme résolu. Ces essais, du reste, n'ont été faits qu'avec des moteurs à pétrole, et il y a lieu d'attendre ceux qui se font, paraît-il, en ce moment sur des moteurs à gaz.

Divers systèmes de moteurs à gaz ont été essayés, mais nous ne décrirons succinctement que celui qui, dérivé du système Lührig et, modifié par la « Gaz Traction C° », a reçu ces temps derniers quelques applications.

La figure 7 *(Pl. 226)* représente l'ensemble du moteur et des engrenages reliant celui-ci avec les essieux. Le moteur en lui-

même se compose de deux cylindres en tandem placés sur un des côtés de la voiture et sous une des banquettes. Le gaz est comprimé dans un des cylindres pendant qu'il est aspiré dans l'autre; on obtient ainsi une explosion par tour de volant, ce qui régularise la marche.

De l'autre côté et sous l'autre banquette se trouve le réservoir de gaz. Ce dernier, comprimé dans ce réservoir à 10 *kg*, se rend aux cylindres moteurs après avoir traversé un détenteur qui réduit la pression à 25 ou 30 *mm* d'eau ; un régulateur à boules, agissant sur la conduite, permet de régler l'admission du gaz dans le cylindre.

Les cylindres moteurs actionnent directement un arbre horizontal sur lequel est monté le volant à une extrémité et un engrenage à l'autre extrémité. Cet engrenage commande un second arbre, parallèle au premier, sur lequel sont montées deux roues folles qu'on peut mettre en prise au moyen d'un embrayage mis à la disposition du mécanicien, et qui à leur tour actionnent des engrenages fixés sur un troisième arbre parallèle aux deux premiers. Comme ces roues ont des diamètres différents, on comprend que la machine motrice pourra donner à ce dernier arbre deux vitesses différentes, dépendant du diamètre de ces roues, la vitesse du moteur restant constante. Une chaine de commande relie cet arbre aux essieux.

Un dernier arbre horizontal placé au-dessous des autres permet le renversement de la marche.

La transmission du mouvement est, comme on le voit, assez compliquée, mais sa manœuvre en elle-même est, cependant, assez simple. Deux leviers sont placés sur chacune des plates-formes; le premier sert au renversement de marche; le second agit sur l'embrayage et met en prise les engrenages destinés au changement de vitesse. En poussant vers la gauche ce levier, on obtient la vitesse de 6,5 *km* à l'heure, et en le poussant vers la droite, la vitesse maximum de 13 *km* à l'heure.

Le remplissage des réservoirs des voitures se fait, soit aux points terminus, soit à des points déterminés. A ces différents points sont installés de petits bâtiments contenant un moteur à gaz actionnant un compresseur refoulant le gaz dans les réservoirs. Ces réservoirs sont reliés avec les bouches de rechargement au moyen d'une tuyauterie et un tuyau flexible, vissé sur les bouches de rechargement et aboutissant aux réservoirs des voitures, permet leur remplissage.

On a constaté que la quantité de gaz nécessaire pour la mise en marche de ces machines de compression, correspond assez exactement au dixième du gaz employé par les moteurs des voitures.

Les premières applications sérieuses du gaz à la traction des tramways datent de 1893, époque à laquelle a été mis en service le tramway de Dresde, avec les premiers moteurs étudiés par Lührig. En 1894 furent installés, suivant le même système, les tramways de Dessau.

Puis en 1896, la « Gaz Traction C° », concessionnaire des brevets Lührig, installa le tramway à traction par le gaz de Blackpool, Saint-Ann et Lytham. Ce tramway de 12,5 *km* de longueur est exploité au moyen de 10 automotrices à impériale de 52 places *(fig. 8, Pl. 227)*. Le moteur *(fig. 7, Pl. 226)*. est de 14 *ch.* La consommation du gaz est de 620 *l* par kilomètre-voiture, et le prix à forfait pour la traction est de 0,31 *f* par kilomètre-voiture, y compris les frais de conduite et de nettoyage. Le gaz, fourni par les usines à gaz de Blackpool et de Lytham, est payé 0,10 *f* le mètre cube. Les réservoirs ont une capacité suffisante pour un parcours de 16 à 19 *km;* le gaz est comprimé dans les réservoirs à la pression de 10,3 *kg.*

En 1898, la « Gaz Traction C° » a installé à Manchester, avec des voitures et des appareils moteurs semblables aux précédents, la ligne de 5,5 *km* qui relie Stratford à Boston. Elle s'occupe également d'une installation semblable pour la municipalité de Neath, dans le pays de Galles. Des essais se poursuivent actuellement avec le même système de moteur à La Haye.

A côté d'avantages sérieux, les tramways à gaz présentent encore des inconvénients tels qu'ils ne semblent pas, en l'état actuel de la question, appelés à un prochain avenir. Il nous a semblé, cependant, indispensable de signaler les tentatives industrielles très intéressantes faites avec ce nouveau mode de traction.

(A suivre.)

TABLE DES MATIÈRES

Pages.

AVANT-PROPOS 766

A. — Véhicules sur rails.

1re CLASSE. — VÉHICULES PRODUCTEURS D'ÉNERGIE.

Tramways à vapeur : Locomotives à feu 772
Automotrices Rowan 774
— Serpollet 777
— Purrey 782

RENSEIGNEMENTS GÉNÉRAUX SUR LES TRAMWAYS ÉLECTRIQUES.

I. — *Moteur de traction :* Différents systèmes 784
Réduction de vitesse 787
Suspension des moteurs 798
Trucks moteurs, etc. 801

II. — *Caisses* 804

III. — *Développement de la traction électrique* 808

2e CLASSE. — VÉHICULES ACCUMULATEURS D'ÉNERGIE.

A. — *Tramways à accumulateurs électriques* 808
Types d'accumulateurs 809
Charge d'une batterie 810
Capacité des accumulateurs 812
Rendement 813
Modes de chargement. { Batteries interchangeables. 814 / Station de rechargement. 817

B. — *Locomotives sans foyer* (système Lamm et Francq) 820
Tramways de Poissy à Saint-Germain 826

C. — *Traction par l'air comprimé* (système Mékarski) 827
Usines centrales de compression de l'air 828
Bouches de chargement 830
Appareils moteurs des voitures 831
Automotrices Mékarski 835
Locomotives Mékarski 836
Autres systèmes 836

D. — *Tramways à gaz* 837

A suivre.

NOTICE NÉCROLOGIQUE

SUR

M. PROSPER-ÉDOUARD CHALAIN

PAR

P. MÜNTZ et Ed. DURAND

M. Prosper-Édouard Chalain, décédé subitement le 8 novembre 1899, est né en août 1846, à Saumur. Après de brillantes études à l'École municipale Turgot, il entra, au mois de novembre 1864, à l'École Centrale des Arts et Manufactures et en sortit en 1867 dans les premiers. Deux ans plus tard, en 1869, il devint Membre de la Société des Ingénieurs Civils de France.

M. Chalain a fait toute sa carrière dans les chemins de fer. Attaché, dès sa sortie de l'École Centrale, aux chemins de fer de Ceinture comme dessinateur temporaire, il s'occupe sous la direction de M. l'Ingénieur en chef Mantion, des difficiles études de la gare de Belleville-Villette et des ponts métalliques sur colonnes qui, à l'extrémité côté Bercy de cette gare, livrent passage à la rue de Crimée et à la rue Manin. En 1870, il entra à la Compagnie des chemins de fer de l'Est comme chef de bureau du Service de la Voie sur la partie du réseau de l'Est située dans le Grand-Duché de Luxembourg. Il était à peine installé à Luxembourg, quand la guerre éclata; sans hésitation, il revint à Paris et fit comme simple mobile la campagne du siège.

Après la guerre, il reprit ses fonctions à Luxembourg et dirigea, avec un réel talent, les opérations de la liquidation des comptes et de la remise du Service aux Allemands.

Ces opérations terminées, il fut appelé à Paris, au Service de la Statistique de la Construction, en qualité de chef de bureau.

C'est alors que commença pour lui une période particulièrement active de sa vie. Tous les instants de liberté que lui laissait son bureau furent consacrés à faire profiter les autres des fortes études qu'il avait faites et de ses incontestables qualités de vulgarisateur.

Il fut Professeur des cours du soir de la Ville, Professeur à l'Association polytechnique, Répétiteur du cours de chemins de fer à l'École Centrale, Répétiteur à l'École Monge. Mais, dans le courant de l'année 1884, M. Chalain ayant été nommé sous-Ingénieur, les obligations que lui imposèrent ses nouvelles fonctions ne lui permirent pas de continuer ses occupations extérieures ; il continua cependant jusqu'en 1892 ses cours à l'Association polytechnique qui lui témoigna sa reconnaissance en le nommrnt professeur honoraire.

Au 1er janvier 1887, il fut promu Ingénieur ; cet avancement fait sur place montre en quelle estime M. Chalain était tenu et quels services il rendait. En 1895, il reçut la rosette d'Officier de l'Instruction publique.

Modifications demandées par M. PICHAULT

A SON MÉMOIRE SUR LE

« Calcul des murs de soutènement des terres en cas de surcharges quelconques »,

paru dans le Bulletin d'août 1899.

Page 223, dernière ligne du bas, à la suite de la valeur de Qy_1, ajouter, au bout de la ligne : [15].

Page 225, dernière ligne du bas,

au lieu de : $\operatorname{tg}\varphi \operatorname{tg}\beta\,(1+\operatorname{tg}^2\beta)$,

il faut : $\operatorname{tg}\varphi \operatorname{tg}\beta\,(1+\operatorname{tg}^2\varepsilon)$.

Page 229, 6e ligne, dernier terme de Δ_0 [29],

au lieu de : $-k_0(1+\operatorname{tg}^2\varepsilon)$,

il faut : $-k_0(1+\operatorname{tg}^2\beta)$.

Sur la même page, cette même correction est à faire, savoir : à la 12e ligne, au dernier terme : avant le signe = dans le numérateur. A la 13e ligne, dernier terme du numérateur. A la 15e ligne, dernier terme sous le $\sqrt{\ }$, dans le numérateur. A la 21e ligne, dernier terme sous le $\sqrt{\ }$, dans le numérateur.

Page 229, 13e ligne, 2e terme,

au lieu de : $\dfrac{2}{\operatorname{tg}\beta}\,\varphi_0$,

il faut : $\dfrac{2}{\operatorname{tg}\beta}\operatorname{tg}\varphi_0$.

Page 231, 3e ligne, dernier terme sous le $\sqrt{\ }$,

au lieu de : $\dfrac{-k_0}{\operatorname{tg}\alpha}$,

il faut : $\dfrac{-k_0}{\operatorname{tg}\alpha}(1+\operatorname{tg}^2\alpha)$.

Même page, 4e ligne,

au lieu de : $\dfrac{1}{\operatorname{tg}\alpha}\left[\sqrt{1+\operatorname{tg}^2\alpha-k_0\operatorname{tg}\alpha}-1\right]$,

il faut : $\dfrac{1}{\operatorname{tg}\alpha}\left[\sqrt{(1+\operatorname{tg}^2\alpha)(1-k_0\operatorname{tg}\alpha)}-1\right]$.

Page 236, 23e ligne,

au lieu de : On a dans [37],

il faut : On a dans [17].

Même page, 25e ligne, devant la formule donnant k_1, il faut ajouter : « On a dans [27] ».

Même page, 4e ligne du bas, au lieu de ce qui est imprimé, il faut :

$$\operatorname{tg}(\omega_0 - \varepsilon) = -1{,}151 + \sqrt{1{,}324 + 1 - \frac{0{,}29 \times 1{,}755}{0{,}869\,(1 - 0{,}316)}} = 0{,}06.$$

Même page, 3e ligne du bas,

au lieu de : $(\omega_0 - \varepsilon) = 29^\circ 20'$,

il faut : $(\omega_0 - \varepsilon) = 3^\circ 30'$.

Et au lieu de : $\omega = 29^\circ 20' + 20^\circ = 49^\circ 20'$,

il faut : $\omega_0 = 3^\circ 30' + 20^\circ = 23^\circ 30'$.

Même page, 2e ligne du bas,

au lieu de : $\operatorname{tg}(\alpha - \omega_0) = \operatorname{tg} 11^\circ 37' = 0{,}205$,

il faut : $\operatorname{tg}(\alpha - \omega_0) = \operatorname{tg} 37^\circ 27' = 0{,}767$.

Même page, 1re ligne du bas,

au lieu de : $\operatorname{tg}(\omega - \varepsilon) = \operatorname{tg} 29^\circ 20' = 0{,}562$,

il faut : $\operatorname{tg}(\omega_0 - \varepsilon) = \operatorname{tg} 3^\circ 30' = 0{,}06$.

Page 237, 1re et 2e ligne, au lieu de ce qui est imprimé, il faut :

$$F_{m_0} = \frac{1\,800}{2}(100 - 4) \times 0{,}94[0{,}767 + 0{,}364][0{,}06 + 0{,}364 + 0{,}29] = 65\,580\ kg.$$

Même page, 7e ligne,

au lieu de : $= 2{,}930$,

il faut : $= 1{,}626$.

Page 238, 3e ligne,

au lieu de : $\omega_0 = 49^\circ 20$, $27^\circ 17'$,

il faut : $= 23^\circ 30'$, $13^\circ 10'$.

De même à la 18e ligne.

Même page, 7e ligne,

au lieu de : $F_{m_0} = 56000$,

il faut : $= 65580$.

De même à la 21e ligne.

Même page, 13e ligne,

au lieu de : $F_{m_0} Y_0 = 166600 \quad 53800$,

il faut : $= -98200 \quad -126000$.

Même page, 2e ligne du bas,

au lieu de : 53800,

il faut : -98200.

Même page, 1re ligne du bas,

au lieu de : $= 139500$ *kgm*, rapport : 1 à 2,6,

il faut : 199680 *kgm*, différence $= 297880$ *kgm*.

Page 238, à la suite du tableau, il faut ajouter : « Ces calculs ont été faits à la règle logarithmique. Ils ne présentent, par conséquent, qu'une exactitude relative. Mais cela suffit, pour les conclusions à en tirer ».

A la suite du dernier paragraphe des ouvrages à consulter, ajouter :

Mémoire sur *la poussée des terres*, par M. Chaudy. Comptes rendus des Ingénieurs Civils de France. *Bulletin* de décembre 1895.

Earth pressures on retaining Wals, par G. C. Maconchy, Executive Engineer Bengal public Works département. *Engineering* : n° 1704, 26 août 1898 ; n° 1711, 14 octobre 1898 ; n° 1716, 18 novembre 1898.

CHRONIQUE

N° 240.

Sommaire. — Levage des ponts métalliques. — Pression du vent sur les constructions. — Progrès dans la navigation à vapeur *(suite et fin)*. — Emploi du coke dans les locomotives. — Richesses forestières et minérales du Soudan.

Levage des ponts métalliques. — Nous croyons intéressant de reproduire ici le compte rendu donné par les *Annales des Travaux publics de Belgique* d'une communication faite par M. Wenckebach, à l'*Institut Royal des Ingénieurs Néerlandais* sur les appareils employés pour le levage des ponts métalliques pendant le cours de leur existence. En effet, pour diverses raisons, on peut être amené à devoir lever les poutres d'un pont métallique au-dessus de leurs appuis.

Tout d'abord, l'entretien des appareils de dilatation rend souvent cette opération nécessaire. Il arrive presque toujours, en effet, que, dans les appuis mobiles, les surfaces portantes ne sont pas accessibles pour le nettoyage. La poussière et la boue se logent dans les encoignures et favorisent la formation de la rouille. Aussi les parties de l'appareil qui devraient être indépendantes les unes des autres finissent-elles, au bout de quelque temps, par se solidariser, ce qui crée de grandes résistances aux mouvements du tablier métallique. Il est donc nécessaire de procéder à des nettoyages périodiques, ce qui ne peut se faire qu'en soulevant les poutres.

Un exemple frappant est venu récemment montrer quelle peut être la conséquence d'un défaut d'entretien des appareils d'appui. Au pont de Rotterdam sur le Koningshaven qui comprend deux travées fixes latérales de 80 *m* de portée et une travée centrale tournante de 54 *m* de longueur, on remarquait que les variations de la température avaient pour effet d'ouvrir entre les extrémités du tablier tournant et les piles voisines des joints qui atteignaient jusqu'à 8 et 10 *cm* de largeur. Vérification faite, on reconnut que les appareils de dilatation des travées fixes qui étaient placés sur les culées étaient complètement calés par la rouille et que les piles en maçonnerie fléchissaient tout entières sous l'influence des dilatations et contractions du tablier de 80 *m*. Pour porter remède à la situation, il a suffi de nettoyer les appareils de dilatation.

Une autre circonstance qui se présente aussi fréquemment est le déplacement des chariots mobiles hors de leur position normale. Notamment lorsque les rouleaux affectent la forme de segments, il arrive souvent que, leur course limite étant dépassée, ils se renversent. On observe aussi quelquefois une tendance des charriots mobiles à effectuer dans un plan horizontal un mouvement de rotation.

Le levage d'un pont au-dessus de ses appuis doit donc être considéré comme une opération courante des services d'entretien. Il peut également s'imposer dans des travaux de transformation, lorsqu'il s'agit de relever le niveau d'un pont existant.

La Société pour l'exploitation des chemins de fer de l'État Néerlandais possède une série d'appareils de levage destinés spécialement aux usages dont nous venons de parler.

Le type le plus récent pour grands ponts, qui date de 1896, est un appareil hydraulique qui peut développer une force de 800 *t*. Il comprend quatre presses, capables chacune d'un effort de 200 *t*, reliées par des conduites à joints mobiles avec une pompe double qui peut refouler l'eau, selon les besoins, sous une pression de 40 à 300 *atm*.

La levée maxima des presses est de 0,10 *m*. On les place, au nombre de une ou deux par poutre, entre la maçonnerie et la semelle inférieure de la poutre, le plus près possible de l'appui.

Lorsque les dispositions ne s'y prêtent pas, on peut être conduit à faire agir les presses sur des consoles fixées latéralement sur les poutres.

Tous les éléments de l'appareil sont conçus en vue de l'utilisation spéciale dont il s'agit. Ils sont de dimensions réstreintes et facilement transportables. Les pompes se manœuvrent à la main.

En dehors de l'appareil pour grands ponts, il existe également des presses de 50 *t* de force. Dans celles-ci la pompe est accolée à la presse. Chaque appareil fonctionne donc séparément.

L'article dont il est fait ici une analyse donne tous les détails de construction des appareils. Il indique également les précautions à prendre dans l'opération du levage.

La manœuvre est généralement effectuée dans l'intervalle du passage de deux trains; mais, en cas de besoin, on peut laisser passer un train après avoir calé le piston des presses. Pendant le levage, on a soin d'observer les fatigues dans toutes les parties du tablier, à l'aide d'appareils Manet.

Les opérations effectuées depuis plusieurs années avec ces instruments de levage, ont mis à jour différentes particularités fort intéressantes du mode de fonctionnement des ponts. On a observé, notamment aux ponts de Dordrecht, de Culembourg et surtout au pont de Moerdijk, que les réactions exercées par le tablier sur ses différents appuis sont inégales. On a constaté, en effet, que, sous l'influence d'une même pression, les poutres montaient à des hauteurs inégales et que, pour la même montée, les pressions étaient différentes.

Les écarts que l'on a notés sont assez considérables, mais on ne saurait baser des calculs sur les chiffres obtenus, par suite du manque de précision des observations. Les indications des manomètres dans les presses hydrauliques sont, en effet, fort sujettes à caution.

Quoi qu'il en soit, les différences observées ont été attribuées à des gauchissements du tablier dus au montage. Cette explication semble assez plausible, car les travées du pont de Moerdijk, dans lequel les inégalités des réactions sont fort accusées, ont été mises en place après avoir été montées complètement sur des échafaudages indépendants.

La pression du vent sur les constructions. — Nous avons eu plusieurs fois occasion de traiter de la question de la pression du vent sur les constructions et d'appeler l'attention sur les énormes différences d'appréciation qu'on constate sur la valeur de cette pression. Bien

qu'on observe de temps en temps des faits de renversement de constructions par le vent, on admet généralement que les estimations actuelles sont plus que suffisantes pour la sécurité. Il y a peu de constructions qui offrent un meilleur exemple que les gazomètres qui, d'une part, présentent au vent une surface considérable, et qui, d'autre part, ne peuvent être fixés d'une manière rigide à une fondation. Aussi croyons-nous utile de donner ici le résumé d'une communication faite par M. J. O. V. Irminger à l'Institution of Gaz Engineers, résumé que nous trouvons dans l'*Engineering Magazine*.

Après avoir cité les recherches expérimentales des professeurs Langley aux Etats-Unis, Kernst en Australie et Vogt à Copenhague, M. Irminger décrit quelques expériences qu'il a faites en exposant des modèles de formes diverses à un courant d'air produit par le tirage d'une cheminée de 30 *m* de hauteur, les pressions positives et négatives sur les deux côtés des pièces étant relevées avec soin. Les résultats ont été mis sous forme de tableaux et, rapprochés des résultats calculés avec les formules données par les savants dont les noms figurent plus haut, ont donné une concordance assez satisfaisante.

L'influence de l'aspiration produite par le vent est très importante surtout parce qu'elle modifie très sensiblement la direction de la résultante qu'on considère dans les calculs, et on doit tenir compte de l'effet de soulèvement qui s'exerce sur les toitures et les cloches de gazomètres.

M. Irminger rappelle les observations de Sir J. Wolfe Barry sur l'exagération des prescriptions du Board of Trade au sujet du Tower Bridge (1) et indique que l'effet d'aspiration dont il vient de parler contribue dans une grande mesure à diminuer la valeur de la pression directe du vent; il cite un cas où cette pression, mesurée sur un grand gazomètre pendant une tempête, n'a pas dépassé le taux de 24 *kg* par mètre carré.

Pour que ces chiffres ne conduisent pas les ingénieurs à tomber dans une exagération opposée en comptant sur des pressions trop faibles, M. Irminger cite des passages d'un rapport de M. J. Baier sur les pressions du vent qui doivent s'être produites dans le grand ouragan de Saint-Louis dans l'été de 1896.

Les dommages causés par cet ouragan sont bien connus et on a calculé quelle avait pu être la pression du vent pour renverser des constructions dont on pouvait calculer la force de résistance. M. Irminger constate que la vitesse du vent a atteint dans cette occasion à peu près le double du maximum observé en Europe et que, par conséquent la pression a dû être le quadruple, ayant atteint de 200 à 300 *kg* par mètre carré.

De tels ouragans rasent tout ce qui se rencontre sur leur passage, mais fort heureusement ils sont inconnus en Europe.

Les conclusions de M. Baier sont d'accord avec les résultats des expériences de M. Irminger et montrent que le vent agit dans une direction autre que celle qu'on admet généralement et d'après laquelle on fait les calculs des ponts, charpentes, et autres constructions. On doit admettre

(1) Voir Chronique de novembre 1898, page 448.

que les expériences faites sur des modèles sont vérifiées par les faits mêmes de la pratique et que les calculs de la pression du vent doivent être faits désormais sur d'autres bases que précédemment; on doit tenir compte notamment de l'action de soulèvement exercée par le vent, action qui peut égaler la moitié de la pression normale.

La discussion qui a suivi la lecture du mémoire dont nous venons de parler a fait voir que jusqu'ici la question de la pression du vent a été étudiée avec des idées préconçues. On a apporté ces idées dans l'exécution des constructions et sauf dans les cas assez rares où des catastrophes ont appelé l'attention des ingénieurs, ceux-ci se sont, en général, assez peu préoccupés de rechercher, par voie d'expérimentation directe, si ces idées étaient justifiées ou non.

L'accroissement continu en dimensions et surtout en hauteur des constructions formées de charpentes métalliques donne une importance capitale à la question de la pression du vent, et les expériences faites par M. Irminger et les autres savants que nous avons cités forment des contributions très utiles pour ce sujet.

Il semble qu'avant de commencer l'exécution de constructions très importantes, il y aurait intérêt à faire des expériences sur des modèles dans la forme très simple qui a été indiquée, et il n'est pas douteux qu'on ne retire des avantages marqués de ce mode d'opérer, au point de vue de la stabilité des constructions.

Progrès dans la navigation à vapeur *(suite et fin)*. — Le second extrait que nous ferons du discours de Sir William White est relatif aux paquebots pour la traversée de la Manche.

Les conditions à remplir par les bateaux destinés à opérer à grande vitesse des parcours de faible longueur sont différentes de celles des paquebots transatlantiques. Il s'attache à cette catégorie de navires un intérêt tout aussi grand et peut-être dans aucune classe il n'a été fait de progrès plus importants. L'auteur ne croit pas devoir faire l'historique du service entre Douvres et le Continent. Il se bornera à rappeler que le premier bateau à vapeur fut placé sur cette ligne en 1821, il s'appelait le *Rob Roy* et avait été construit par Denny, de Dumbarton, avec machines de Robert Napier (1). Il n'est pas sans intérêt de rappeler que les successeurs du constructeur de ce bateau ont fait quelques-uns des paquebots les plus rapides qui fassent aujourd'hui la traversée du détroit.

Un peu après 1860, un progrès important fut fait par la construction de navires remarquables par leur forme et leur vitesse, bien que cette dernière fût très médiocre par rapport à celle des paquebots actuels. Les coques étaient très légères et on dépensa beaucoup d'argent et de travail pour obtenir de l'acier convenable pour leur établissement. Les machines étaient aussi d'un système spécial et d'un poids très réduit. Ces navires avaient peu de capacité de chargement et le tirant d'eau ne

(1) Ce bateau avait été francisé sous le nom de *Henri IV*. Voir chronique d'août 1896, page 327. Il y a une erreur ou plutôt une confusion pour le nom du constructeur des machines; celles-ci étaient de David Napier et non de Robert Napier, qui n'est venu que plus tard.

dépassait pas 2,10 *m*. Dans ces conditions c'était un succès réel que de réaliser des vitesses de 15 à 16 nœuds avec des coques de 57 *m* de longueur et 7,50 *m* de largeur déplaçant moins de 350 *tx*. Pour amener les vitesses au taux de 21 à 22 nœuds, progrès qui a été réalisé dans le dernier quart de ce siècle, il a fallu recourir à des longueurs de plus de 97 *m*, des largeurs de 10,50 *m* avec des appareils moteurs développant de 4 500 à 6 000 *ch* indiqués consommant beaucoup de combustible et coûtant fort cher.

On peut faire une autre comparaison non moins intéressante en prenant l'exemple du service de Holyhead à Kingstown en 1860 et à l'époque actuelle. Le *Leinster* de 1860 avait 103 *m* de longueur, 10,60 *m* de largeur et un peu moins de 4 *m* de tirant d'eau. Il déplaçait aux essais un peu moins de 2 000 *tx* et, avec 4 750 *ch* et 1,75 *kg* de pression, réalisait une vitesse de 17 3/4 nœuds. Ses machines tournaient à une faible vitesse et actionnaient des roues à aubes. Son successeur de 1896 a 9 *m* de longueur, et 1,95 *m* de largeur de plus, son déplacement est de 10 0/0 supérieur. La pression atteint 12 *kg;* les chaudières fonctionnent au tirage forcé. Le navire est mû par deux hélices actionnées par des machines à triple expansion à rotation rapide. On réalise une très importante économie de combustible par rapport au premier navire avec beaucoup moins de poids pour les moteurs qui développent de 8 000 à 9 000 *ch* pour donner une vitesse de 23 nœuds à toute puissance. La coque est en acier et relativement très légère.

Il y a là un cas spécial qui fait bien apprécier l'importance des progrès réalisés depuis trente ans dans la construction des coques et des machines. Les deux types de navires sont dus aux mêmes constructeurs, MM. Laird, de Birkenhead, et leur font également honneur.

Entre des bateaux de ce genre destinés à effectuer de cours trajets à grande vitesse et n'ayant besoin de porter que très peu de charbon et des paquebots transatlantiques parcourant 3 000 milles à la même vitesse, il y a évidemment bien peu de rapport. Mais il a fallu la même science pour résoudre les deux problèmes. Dans le paquebot de la Manche, la faible durée des parcours, qui permet une surveillance constante et amène des conditions de fonctionnement bien plus douces des chaudières et des machines, rend possible l'emploi d'échantillons de matériaux et de dispositions qu'il serait dangereux d'employer pour des navires faisant de plus longs parcours. Là, est en grande partie l'explication de la réalisation de vitesses considérables par des navires de faibles dimensions.

La fin du discours de sir William White est consacrée à l'examen d'une question d'un très grand intérêt, la possibilité d'un accroissement futur des vitesses des navires. Nous allons résumer très rapidement cette partie.

D'après ce qui précède, on voit que les résultats obtenus sous forme d'augmentation de la vitesse sont dus à un certain nombre de progrès et ont été accompagnés par de larges accroissements dans les dimensions, la puissance des machines et le coût de premier établissement. Ces faits ne sont pas de nature à décourager les inventeurs qui ne craignent pas de prédire des vitesses de 50 à 60 nœuds réalisées avec

des bâtiments de dimensions modérées. Ils se basent pour cela sur diverses dispositions particulières telles que la diminution de la résistance des surfaces par l'emploi de lubrifiants ou d'une couche d'air interposée entre l'eau et les parois de la coque, ou enfin divers autres expédients sortant de l'ordinaire. Tout cela ne peut produire que peu ou point d'effet.

D'autres cherchent à réduire la résistance par de nouvelles formes différant sensiblement de celles que la pratique a consacrées. La plupart de ces propositions ne reposent sur rien de sérieux. Un champ d'investigations favori parmi les inventeurs est celui qui concerne les propulseurs; là, les améliorations proposées se comptent par centaines, formes et nombre des hélices ou des roues, emploi de jets d'eau ou d'air, de substances explosives, imitation des nageoires des poissons, etc. Les résultats prévus reposent souvent sur de simples suppositions, quelquefois sur des calculs théoriques dans lesquels les vitesses annoncées sont souvent calculées avec plusieurs décimales, ou sur des expériences incomplètes ou faites dans des conditions qui s'écartent de celles de la pratique.

L'auteur ne veut nullement en conclure qu'il n'y a rien à faire et que les progrès ont atteint leur limite. Au contraire, en ce qui concerne les formes des navires et les propulseurs, on continue des recherches sérieuses et on fait tous les jours des améliorations. Il ne faut pas se dissimuler, toutefois, que les difficultés deviennent de plus en plus grandes à mesure qu'on obtient des vitesses plus considérables.

Il serait oiseux de chercher à faire des prédictions relativement aux dispositions des navires dans une cinquantaine d'années. Des changements radicaux peuvent être faits bien avant. Mais, cependant, on ne peut guère les attendre dans un avenir immédiat. Il est probable que les premiers progrès continueront dans la voie suivie jusqu'ici. On peut prévoir de nouvelles réductions dans le poids des moteurs et la consommation de combustible et dans le poids des coques par suite de l'emploi de matériaux plus résistants; les dimensions continueront à croître et, si on pouvait augmenter les tirants d'eau, ce serait un sérieux avantage pour la capacité de chargement et la vitesse.

On peut citer comme exemple d'une voie ouverte dans le champ des améliorations, l'emploi qui se répand beaucoup des chaudières à eau dans les tubes, pour les navires de guerre. On réalise une économie d'un tiers du poids à puissance égale comparativement avec les chaudières cylindriques. On n'est pas d'accord sur la limite des pressions à la mer. Il est peu probable que les avantages retirés de l'accroissement de ces pressions jusqu'au taux actuel continuent au delà et certains esprits autorisés ne sont pas favorables à l'emploi de pressions supérieures à 17 ou 18 *kg*, tandis que d'autres verraient sans inquiétude ces pressions portées à 20 *kg* et même davantage.

Pour les machines, on peut prévoir, dans l'emploi d'une plus grande vitesse de rotation et de matériaux supérieurs, une nouvelle réduction de poids. L'usage d'appareils à rotation immédiate, dont la turbine Parson est le type le plus actuel, contribuera à réduire encore les poids des moteurs. M. Parson estime qu'on peut gagner 50 0/0 de ce chef

pour les machines, lignes d'arbre et propulseurs d'un paquebot transatlantique. Si on peut combiner cette disposition avec l'emploi des chaudières avec l'eau dans les tubes, cela peut amener une révolution dans cette catégorie de navires, révolution qui aurait lieu sans nécessiter de changements dans les dimensions.

Il n'est pas probable que, avec la houille, ces chaudières dépensent moins de combustible que les chaudières cylindriques, et elles nécessitent une chauffe plus délicate à combustion égale.

Mais le combustible liquide arrivera à être substitué à la houille, au moins dans certains cas. Si on peut, par son emploi, réduire le poids de l'approvisionnement de combustible de 30 0/0, la différence, qui monterait à 1 000 *tx* dans un transatlantique de première classe, pourrait être utilisée au profit de la puissance, de la vitesse ou du chargement. Mais il ne paraît pas qu'on puisse compter actuellement sur des ressources suffisantes en combustible liquide.

Toutefois, on se préoccupe de cette question, et si on réussissait à assurer ce genre d'approvisionnement à des prix permettant l'emploi de ce combustible, on réaliserait certainement des résultats très remarquables.

On a vu que la substitution de l'acier doux au fer avait donné de grands avantages. L'emploi des alliages d'acier et de nickel ou d'autres métaux donne des résultats analogues. L'acier au nickel est déjà employé largement pour les torpilleurs et contre-torpilleurs. Ces nouvelles matières sont plus coûteuses, mais elles permettent des réductions de poids très sensibles. On a calculé qu'un transatlantique de 20 nœuds pèserait 1 000 *t* de moins avec une coque en acier au nickel au lieu d'acier doux. Cette différence de poids permettrait de gagner un nœud sans rien changer aux dimensions de la coque.

On a également employé sur une grande échelle les alliages d'aluminium qui ont permis de réaliser des réductions importantes de poids; mais ces alliages ont mal résisté à l'action de l'eau de mer. On peut, toutefois, espérer qu'on trouvera d'autres alliages n'ayant pas ce défaut. La métallurgie n'a pas épuisé ses ressources et la construction navale peut baser des espérances sérieuses sur son concours.

L'emploi des manœuvres mécaniques a produit des résultats considérables. Sans leur usage, il eût été bien difficile de faire naviguer sûrement les immenses navires d'aujourd'hui et on ne doit pas oublier la part qu'elles ont eue dans les progrès réalisés.

Enfin il ne faut pas perdre de vue que, à mesure que les dimensions des navires augmentent, croît la responsabilité de ceux qui en ont charge. Le capitaine d'un paquebot d'aujourd'hui doit réunir quantité de qualités remarquables. Le chef mécanicien doit avoir des capacités techniques et même administratives pour utiliser le mieux possible le nombreux personnel qu'il a maintenant sous ses ordres. Sans le concours d'un personnel habile la meilleure construction ne donnera pas de bons résultats. Le facteur humain joue un rôle qu'il ne faut pas oublier, car son influence est peut-être la plus importante.

Emploi du coke dans les locomotives. — D'après les jour-

naux américains, il paraît y avoir, aux États-Unis, une tendance sérieuse à revenir, au moins dans certains cas, à l'emploi du coke comme combustible pour les locomotives. Ainsi, le Boston and Maine R. R. s'en sert d'une manière régulière, au point d'avoir une centaine de locomotives disposées pour employer exclusivement ce combustible. Le président de cette ligne, M. Lucius Tuttle, s'est occupé de cette question depuis plusieurs années, et, après des expériences prolongées, est arrivé à considérer le problème comme définitivement résolu. Il fut amené à cette étude par le fait que, sur le New-York, New Haven and Hartford R. R. on était obligé de brûler du coke à cause des règlements très stricts de la ville de New-York sur la fumée; il n'y avait pas de doute quant à la possibilité de brûler du coke, mais la question de prix était capitale. On est parvenu à la résoudre.

Actuellement, le Boston and Maine R. R. se sert de coke pour toutes ses locomotives à voyageurs et étendra probablement cet emploi aux locomotives à marchandises. Cette ligne a un énorme trafic de voyageurs et, pour prévenir les désagréments résultant pour ceux-ci de la poussière du ballast et des cendres et flammèches des machines, la direction a adopté d'une part, l'arrosage du ballast avec de l'huile (pratique employée maintenant par plusieurs autres lignes), et d'autre part, l'emploi du coke dans les locomotives. Cette dernière amélioration a un autre avantage très important, la prévention des incendies allumés par les flammèches; on dit que, de ce seul chef, on peut réaliser une économie de près de 500 000 *f* par an. Si ce chiffre est exact, cela vaut la peine d'examiner la question.

Le coke employé vient de la New England Gaz and Coke Company, et ne coûte pas plus que le charbon, parce qu'il constitue un sous-produit de la fabrication de cette Compagnie. En effet, si on fabriquait le coke avec la houille, pour lui-même, le prix n'en serait pas abordable pour l'application dont nous nous occupons, tandis que, si on l'obtient comme accessoire d'une autre fabrication, les conditions sont tout à fait différentes.

L'usine d'où il provient est située à Everett, Mass; et avait été établie à l'origine pour faire du coke avec des charbons provenant du Canada.

Le coke se brûle très bien dans les foyers ordinaires et on n'a besoin de charger qu'à des intervalles éloignés. On est obligé de mettre des hausses aux bords des tenders pour pouvoir porter une quantité suffisante de combustible, à cause de la moindre pesanteur spécifique.

Un document très intéressant, au sujet de cette application, est une note de l'Ingénieur de la traction, M. Henry Bartlett, note adressée à l'*Engineering News*.

Nous avons actuellement près de 100 locomotives pour trains de voyageurs et pour manœuvres employant du coke. A l'origine, nous avons éprouvé quelques difficultés à brûler ce combustible sur nos grilles et nous avons dû disposer quelques machines avec des grilles à tubes d'eau. Mais depuis, on a su s'y prendre mieux et on est très bien arrivé à brûler le coke sur les grilles ordinaires en fonte. Le changement de combustible ne nécessite aucune modification, simplement l'agran-

dissement des tuyères d'échappement. C'est très peu de chose à faire et on obtient la même production de vapeur qu'auparavant. On se borne à donner à cet égard des instructions verbales au personnel et il n'a été nécessaire de faire aucun règlement écrit relativement à l'emploi du nouveau combustible.

Sur les trains de voyageurs effectuant de longs parcours, la pratique est de remplir le foyer jusqu'à la porte et de ne point recharger le feu jusqu'au prochain arrêt. On peut ainsi faire de 16 à 25 *km* sans toucher au feu. Sur les trains à arrêts fréquents et sur les machines de manœuvre, on charge à intervalles plus courts. Avec le coke, comme avec l'anthracite, il est préférable de ne charger le feu que quand le tirage est arrêté.

Le coke ne nous coûte pas plus que le charbon et on n'en brûle pas plus pour le même travail, en fait un peu moins; le pouvoir de vaporisation est le même. En somme, le coke nous paraît, après expérience, être le meilleur combustible qu'on puisse employer et son usage est, selon nous, la solution la plus pratique du problème de la suppression de la fumée et des inconvénients qu'elle entraine.

Nous trouvons dans l'*American Engineer and Railroad Journal* d'autres renseignements sur le même sujet. Les plus intéressants sont ceux qui concernent la fabrication du coke. Nous avons dit que celui-ci provient de l'usine d'Everett. Celle-ci, située aux environs de Boston, occupe une superficie de 120 *ha*; elle contient 400 fours à coke et doit en avoir plus tard 1 200. Le coke pour les locomotives est fait dans des fours Otto-Hoffmann à récupération des sous-produits; ces fours sont au nombre de 150. Ces appareils permettent de recueillir les gaz, le goudron et l'ammoniaque. Le coke obtenu est semblable à celui de Connesville, mais il est plus dense et a un pouvoir calorifique de 4 à 8 0/0 plus grand. Il contient très peu de fer et de soufre.

On emploie les charbons du Canada; les gros morceaux sont mis de côté pour être employés comme combustibles de choix, le menu sert à faire le coke et le poussier à chauffer les fours. Ce sont ces précautions, combinées avec des installations mécaniques très perfectionnées, ainsi que l'échelle considérable sur laquelle on opère, qui permettent d'abaisser dans une large mesure le prix de revient du coke.

La demande pour les établissements industriels va toujours en augmentant et les chemins de fer de la Nouvelle-Angleterre ne pourront pas de quelque temps obtenir ce qu'ils désirent. On cite une ligne qui a passé un marché de 400 000 *t* par an à exécuter dès que l'usine sera en mesure de livrer une pareille quantité. D'autres lignes sont en train de faire des essais.

Le coke nécessite des précautions pour sa conservation, à cause de ses propriétés hygrométriques. On doit l'emmagasiner sous des hangars. Nous terminerons par quelques chiffres relatifs à la composition de ce combustible tel qu'il est produit pour être employé sur les locomotives: matières volatiles 1.27 0/0, carbone fixe et soufre 69.82, cendres 8.91 et humidité 3.67. Ces proportions peuvent varier un peu suivant la valeur du charbon.

Richesse forestière et minérale du Soudan. — Les informations suivantes sont extraites d'un rapport de sir William Garstin reçu au Foreign-Office par l'intermédiaire du consul général d'Angleterre au Caire et publié par le *Board of Trade Journal*; il a été reproduit par le *Journal of the Society of Arts*, où nous l'avons trouvé.

Une source probablement importante de richesse pour le Soudan se trouve dans les immenses forêts qui bordent le cours du Nil Bleu supérieur et s'étendent à l'est jusqu'aux frontières de l'Abyssinie. Dans la province du Bahr-el-Ghazal, il existe aussi de vastes forêts, surtout dans le pays du Bongo.

L'ébénier *(Dalbergia melanoxylon)* se trouve au sud de Karkanj, sur le Nil Bleu et aussi dans les environs de la rivière Sobat. Dans ces latitudes, cet arbre n'atteint pas de très grandes dimensions, 0,22 *m* parait être le diamètre maximum, mais il est très commun dans ces forêts et la plupart des maisons d'Ondurman ont leurs toitures faites avec ce bois. On connait la valeur de l'*Acacia arabica*, dont on extrait les gommes blanche et rouge; les autres espèces d'acacias, telles que l'*Acacia nilotica*, appelé en arabe « Sant », constituent le principal combustible en usage dans le pays.

On rencontre une sorte de bambou dans les collines au sud de Famaka et, d'après certaines informations, on trouverait l'acajou dans les forêts autour de Fazoyl et dans le pays de Benishangul.

On ne peut songer à transporter ces bois que par la voie fluviale, malheureusement ni l'ébénier ni le bois d'acajou ne flottant sur l'eau, ce transport n'est pas possible. Si on pouvait trouver dans les forêts des bords du Nil Bleu un bon arbre pour bois de charpente qu'on pourrait faire flotter jusqu'en Égypte, ce serait une large source de revenu. On pourrait créer de grandes scieries à Assouan, avec les chutes d'eau que rendra disponibles le barrage actuellement en construction et il en résulterait plus tard un commerce et une industrie très importants.

Sur le Nil Blanc, dans les districts du Bongo et de Rohl, on trouve en abondance la plante à caoutchouc *(Landelphia florida)*. Si le caoutchouc qu'elle donne n'est pas d'aussi bonne qualité que celui qu'on obtient de l'arbre à gomme de l'Assam *(Ficus elastica)*, il a encore assez de valeur pour former un chapitre important dans le commerce futur du Soudan. Cette plante, qui a de larges feuilles du genre de celles du laurier et une fleur blanche ressemblant à celle du jasmin, demande plusieurs années avant de pouvoir donner des quantités sérieuses de caoutchouc. Les indigènes recueillent ce produit en faisant des incisions à la tige de la plante, mais ils s'y prennent d'une façon si grossière que généralement la plante périt. L'arbre à caoutchouc de l'Assam viendrait probablement très bien dans presque toutes les parties du Soudan, et surtout au sud de Khartoum. Bien que cet arbre ait besoin de vingt à trente ans pour arriver à des dimensions qui permettent de le mettre en exploitation régulière, son accroissement de valeur (environ 75 fr. par an) est tel que son introduction dans le pays mérite d'être prise en sérieuse considération.

Il est bien à désirer de voir procéder le plus tôt possible à une inspection scientifique des forêts du Soudan par les soins de personnes com-

pétentes. Un forestier des Indes (de la Birmanie de préférence) serait indiqué pour cette mission. Il est certain qu'un rapport émanant d'une personnalité de ce genre fournirait beaucoup d'indications précieuses. En dehors d'autres avantages, un examen de ce genre rendrait de grands services en indiquant les moyens à employer pour conserver les approvisionnements de combustible qui existent sur les bords des rivières dont nous avons parlé plus haut et qui, inépuisables en apparence, arriveront très rapidement à diminuer considérablement si on n'adopte bientôt des méthodes d'aménagement, pour conserver les jeunes arbres et remplacer ceux qu'on a abattus.

Actuellement on procède d'une manière barbare. On débarque des hommes des bateaux et on leur fait abattre le plus de bois possible dans le moindre temps. Ces gens n'ont aucune idée de la valeur des arbres et coupent naturellement ceux qui sont le plus près de l'eau et qui leur donnent le moins de travail. Si on continuait de cette manière, il est certain que, dans très peu d'années, on verrait les forêts disparaître presque entièrement dans les zones bordant les cours d'eau. Sur le Nil bleu, on emploie comme combustible même les acacias qui produisent la gomme malgré leur valeur considérable.

On a peu de renseignements sur la valeur des richesses minérales du Soudan. Jusqu'à ce que le pays soit tout à fait tranquille, on ne peut faire de recherches dans les régions montagneuses du Kordofan et de Darfour à l'Ouest et le long de la frontière abyssinienne à l'est. On trouve des minerais de fer dans la province du Bahr-el-Gazal et aussi dans le Darfour; on a exploité à une certaine époque des mines d'or dans les montagnes au sud de Fazoyl. Si on trouvait de la houille, ce serait une révolution pour la question du Soudan. Il est probable que, dans quelque temps, le département de la carte géologique d'Egypte pourra envoyer une mission explorer le Soudan à ce point de vue, mais pour le moment il n'y a rien à faire.

COMPTES RENDUS

SOCIÉTÉ D'ENCOURAGEMENT POUR L'INDUSTRIE NATIONALE

Octobre 1899.

Rapport de M. C. Rozé sur **le Répartiteur angulaire** de M. Guillerminet.

Le principe de cet appareil repose sur la sensation de continuité de mouvement que produit à l'œil le passage brusque d'un objet d'un point à un autre.

Notre Collègue, M. Carpentier, a fait l'application de ce principe pour la réalisation d'un système de transmission à distance du mouvement du bâton d'un chef d'orchestre sur lequel devaient se régler des groupes d'exécutants placés dans des endroits sans communication visible immédiate.

M. Guillerminet a également employé cette faculté d'adaptation de la perception à diverses applications. Il n'est question ici que d'une qui se rapporte à la subdivision du temps en des intervalles plus ou moins petits.

Ainsi, dans le cas d'une montre ordinaire dont le système régulateur bat le cinquième de seconde, M. Guillerminet place, sur la roue d'échappement, un disque léger portant sur fond obscur six traits brillants issus du centre, de façon à figurer autant d'aiguilles identiques. Dans le cadran et sur fond obscur de même teinte, sont pratiquées cinq ouvertures radiales. Les traits et les ouvertures forment deux systèmes de divisions équidistantes placées de manière qu'à chaque période d'arrêt de la roue, c'est-à-dire à chaque période de repos, l'une des images brillantes apparaisse par une des ouvertures, les autres traits brillants étant masqués et placés relativement aux ouvertures comme les divisions d'un vernier au sixième portant sur la circonférence entière ; à chaque repos de la roue d'échappement correspondra une apparition de l'un des traits à l'une des ouvertures. Ces apparitions, se succédant de proche en proche au nombre de cinq par seconde et pour la période d'un tour, donneront la sensation erronée, et cependant invincible, d'une aiguille unique parcourant le petit cadran en cinq battements séparés par un intervalle d'un cinquième de seconde. On réalise ainsi une subdivision de la seconde par une aiguille purement fictive, sans aucune modification du mécanisme. Ce principe est susceptible de recevoir bien d'autres applications.

Les machines marines, conférence faite par M. L.-E. Bertin le 24 mars 1899.

Dans cette conférence, l'auteur, avec l'autorité qu'il possède, décrit d'abord, dans ses grandes lignes, la machine marine actuelle, en passe

en revue les dispositions diverses qui tendent, d'ailleurs, aujourd'hui, à s'uniformiser, et étudie certaines parties essentielles. Nous citerons, par exemple, la question des bâtis, pièces pour lesquelles il est nécessaire de rechercher la direction des efforts si on veut arriver à donner des formes rationnelles et à éviter tout excès inutile de matière, puis celle des guides de tiges de pistons, des tiroirs, etc.

L'auteur traite longuement du poids des machines et donne, dans des tableaux, les éléments d'une certaine quantité d'appareils tant de la marine militaire que de celle du commerce; puis il étudie le fonctionnement mécanique des machines au point de vue du frottement, d'une part, et des réactions dues aux efforts d'inertie, ce qui l'amène tout naturellement à l'étude des moments de rotation et des différents calages.

La note passe ensuite à l'examen de l'hélice et du calcul de ses éléments, puis à l'étude de la condensation qui se fait exclusivement aujourd'hui par surface. On trouve ensuite traitée la question des diagrammes d'indicateur et de l'utilisation thermique. Nous ne pouvons nous empêcher de relever dans cette partie une assertion qui paraîtra au moins singulière à ceux de nos Collègues qui sont un peu au courant de l'histoire du développement de la machine à vapeur. c'est la suivante : « La supériorité économique de la machine marine est due à l'adoption et à l'extension de la détente multiple, double d'abord, puis triple et quadruple, *alors qu'à terre, pour les machines fixes et autres, la détente double, introduite par Woolf, avait été vite abandonnée* (1). »

Cette intéressante conférence se termine par des considérations sur la construction des machines marines et les ateliers qui se livrent, en France, à cette industrie.

Analyse des différentes huiles de poisson, par W. Fahrion. (Extrait du *Journal of the Society of chemical Industry.)*

Notes de mécanique.

On trouve dans ces notes la description très complète de la machine d'extraction de Tamarack, au Lac Supérieur, dont nous avons dit quelques mots dans les informations techniques de novembre dernier, ce qui nous dispense d'y revenir aujourd'hui. Nous citerons également une étude, d'après M. J. T. Milton, sur les chaudières à tube d'eau pour la marine, reproduite des publications de l'*Institution of Civil Engineers.* Cette étude décrit un certain nombre de types de générateurs à tubes d'eau et se termine par cette conclusion : aucune de ces chaudières ne présente, d'ailleurs, des avantages suffisants pour les faire préférer aux chaudières cylindriques dans la marine marchande.

(1) C'est nous qui soulignons. A. M.

ANNALES DES PONTS ET CHAUSSÉES

2e trimestre de 1899 (suite).

Notice sur **la barre de Rio Grande do Sul** et sur les moyens d'y créer une passe stable, par M. L.-L. VAUTHIER, Ingénieur des Ponts et Chaussées en retraite.

Le port de Rio Grande do Sul, situé sur la côte du Brésil, communique avec la mer par un canal naturel, de 16 *km* de développement, large, profond et peu sinueux, mais dont le débouché dans l'Océan est obstrué par une barre en éventail que coupent des passes peu profondes, lesquelles se déplacent avec les saisons. La formation de cette barre ne paraît être due qu'en très faible proportion aux apports d'amont; elle provient de facteurs multiples, tels que la puissante veine fluide qui se décharge dans l'Océan en coupant de biais une plage de sable que tendent continuellement à régulariser, parallèlement à la côte, les courants agissant tantôt dans un sens, tantôt dans l'autre. en plus l'action des marées et celle des vents du large, qui tendent à remanier, avec le concours des lames, les fonds sous-marins dans une zone de profondeur inférieure à 10 *m*. C'est un cas très spécial où les exemples recueillis ailleurs ne peuvent donner de solution satisfaisante.

Beaucoup d'Ingénieurs se sont occupés de cette question et ont proposé des remèdes. L'auteur discute ces projets et indique quelques modifications qu'il lui paraît utile de leur apporter, notamment aux jetées proposées par M. da Costa Conto, dont la longueur et le tracé peuvent être changés d'une manière avantageuse.

Note sur **les fatigues réelles et les fatigues calculées** dans un pont à grandes mailles, par M. MESNAGER, Ingénieur des Ponts et Chaussées.

L'auteur a profité des épreuves réglementaires des ponts de la ligne de Nontron à Sarlat, du réseau d'Orléans, pour faire quelques mesures des efforts locaux au moyen des appareils Manet-Rabut, dans le but principalement d'apprécier l'importance des efforts secondaires dans le treillis d'un pont en acier à poutres en N de 54,30 *m* de portée. Ces expériences ont donné lieu aux conclusions suivantes :

1° Les efforts dits secondaires sont loin d'être négligeables. Ils peuvent donner des fatigues atteignant 200 0/0 de la fatigue due aux efforts principaux;

2° Les formules approximatives très simples, dont on dispose aujourd'hui pour le calcul des fatigues secondaires donnent des résultats trop forts (par exemple, de 18 à 40 0/0). Il ne semble pas qu'on puisse augmenter l'exactitude de ces formules sans les compliquer d'une manière exagérée et il serait à désirer qu'on pût s'affranchir des fatigues secondaires par des types de construction satisfaisants.

A cette note sont joints des annexes contenant des tableaux numériques et graphiques relatifs aux fatigues réelles et calculées, dans les diverses parties des ponts soumis aux expériences, ainsi que les procès-

verbaux des épreuves réglementaires du tablier métallique du pont sur le Beuvron de 42 *m* de portée d'axe en axe des appuis. Dans la construction de ce pont, on a admis une disposition due à M. Mesnager consistant dans l'emploi des joints flexibles dont nous avons déjà eu occasion de parler (Comptes rendus de novembre 1898, page 455), joints constitués par des lames métalliques assez minces pour n'offrir qu'une résistance insignifiante à la flexion transversale et cependant assez épaisses relativement à leur longueur pour résister à la compression sans flamber.

Les épreuves ont prouvé que :

1° Le travail observé est toujours de même sens que le travail calculé;

2° Que les coefficients de travail observés sont tout à fait comparables à ceux du travail calculé.

Ces résultats n'ont jamais été atteints dans les expériences faites sur des ponts du type ordinaire. Il semble donc que le changement introduit fait disparaître la presque totalité des efforts secondaires.

Restauration des **fondations de la pile gauche du pont d'Yonne à Sens,** par M. Doniol, Ingénieur des Ponts et Chaussées.

Ce pont, composé de trois arches en anse de panier, de 16 et 18 *m* d'ouverture, a été reconstruit au milieu du siècle dernier. La violence du courant avait déterminé des affouillements considérables à la base de la pile gauche du pont, et il était urgent de procéder à la réfection de la fondation de cette pile.

La progression des opérations a été la suivante :

Injection de ciment pénétrant dans tous les vides des bois de fondation, injection de sable du sous-sol rendu ainsi solidaire de tout le massif et suppression des vides par lesquels l'eau viendrait raviner les fondations en attaquant les mortiers.

On enlevait les débris au scaphandre et, après avoir nettoyé le terrain de fondation constitué par un banc de craie, on coulait le ciment au moyen de tuyaux en poterie de 0,15 *m* de diamètre, la hauteur des cheminées de coulage était d'environ 3,20 *m*. La dépense s'est élevée à 2 000 *f* seulement.

Rapport administratif de la direction des voies de communication du Würtemberg. Compte rendu par M. G. Humbert, Ingénieur des Ponts et Chaussées.

Ce rapport, présenté par M. le Directeur Euting, concerne les deux exercices 1895-96 et 1896-97. Il est divisé en trois parties : la première relative au personnel, la seconde à la construction des routes, des tramways et des installations d'éclairage électrique et de transport de force et la dernière au compte rendu de la construction d'un pont-route sur le Neckar; ce pont en béton a quatre arches de 38 *m* d'ouverture chacune; elles ont aux naissances et à la clef des articulations formées de pierres de taille séparées par des plaques de plomb. Le béton est composé de 1 partie de ciment, 2 1/2 de sable et 1.5 de gravier.

L'ouvrage, exécuté de 1895 à 1897, a coûté 233 000 *f*.

ANNALES DES MINES

8e livraison de 1899.

Les mouvements des eaux souterraines dans la région de Téplitz et de Brüx, en Bohême, par M. L. DE LAUNAY, Ingénieur des Mines, professeur à l'École nationale supérieure des Mines.

On observe, dans ces régions, une série de mouvements, dus à des variations dans les pressions réciproques des eaux profondes emmagasinées dans les sables aquifères, des eaux de mines influencées par les épuisements et des eaux superficielles. L'influence de ces mouvements sur les eaux superficielles et sur les eaux de mines a pu être facilement constatée à Brüx.

Le niveau dans les puits a subi des différences de niveau très importantes dans un sens et dans l'autre et on a observé des variations considérables dans la région des eaux de mines. Les sables aquifères emmagasinent une réserve d'eau sous pression qui, en temps ordinaire, communique avec la nappe phréatique des puits, mais non avec les eaux de mines situées plus bas, déversant cette eau dans les mines, dès qu'une issue, si étroite qu'elle soit, est brusquement ouverte et il en résulte des catastrophes comme celles qu'on a observées, exagérées par le déplacement des sables et l'écroulement des cavités laissées vides après le départ de ceux-ci. Le fait qu'une simple petite veine sableuse de moins de 0.20 *m* d'épaisseur a pu causer des accidents de mines très graves est assurément fort intéressant.

Analyse des **rapports officiels sur les accidents de grisou** survenus en France pendant les années 1891 à 1897, par M. GLASSER, Ingénieur des Mines.

Il y a eu, dans ces années, un total de 76 accidents, dont 61 d'inflammation, 14 d'asphyxies et 1 dû aux effets mécaniques d'un dégagement de grisou. Ces accidents ont amené la mort de 156 personnes et causé des blessures à 95, total 251 personnes. Sur ce total d'accidents 52 sont dus au grisou, 1 au gaz des marais, 5 à des poussières, 6 à de l'air vicié. 2 à des dégagements brusques d'acide carbonique; 26 accidents de grisou sont dus à l'emploi de lampes à feu nu et 10 seulement à des lampes de sûreté ouvertes, détériorées ou brisées, 3 à l'emploi d'allumettes. Une très grande proportion dans le nombre des victimes revient à l'année 1891 où l'explosion de grisou du Treuil, à Saint-Étienne, a tué 62 personnes et blessé 10.

Bulletin des travaux de chimie exécutés en 1897 par les Ingénieurs des Mines dans les laboratoires départementaux.

SOCIÉTÉ DES INGÉNIEURS ALLEMANDS

N° 47. — *25 novembre 1899.*

Expériences sur le réglage de la distribution Rider, par Camerer.
Bateaux mus par l'électricité, par M. Büttner.
Résistance des gazomètres aux pressions extérieures par Häcke.

Groupe de Franconie et du Haut-Palatinat. — Soudage électrique.

N° 48. — *2 décembre 1899.*

Nouvelle grue à manœuvre électrique, construite par la fabrique de machines de Benrath.
Traction électrique par crémaillère, par O. Lasche *(suite)*.
Expériences sur le réglage de la distribution Rider par Camerer *(fin)*.
Coefficients de résistance admissibles pour le fer dans les constructions, par Fr. von Emperger.

Groupe d'Aix-la-Chapelle. — Essais de résistance des matériaux.

Groupe de Francfort. — Les abattoirs de Mayence.

Bibliographie. — Manuel de l'Ingénieur par la Société « Hütte ».

N° 49. — *9 décembre 1899.*

Notice nécrologique sur C. Isambert.
Emploi de la surchauffe dans les machines à vapeur, par R. Doerfel *(suite)*.
Machine compound à un seul cylindre, par C. Soudermann.
Traction électrique par crémaillère, par O. Lasche *(suite)*.

Groupe de Mannheim. — Disposition et fonctionnement des accumulateurs au plomb.

Groupe du Rhin moyen. — L'acier coulé.

Bibliographie. — Développement de la construction des machines agricoles en Autriche, pendant les cinquante premières années du règne de l'empereur François-Joseph (1848-1898), par Josef Rezek. — Les moteurs de la petite industrie, par S. O. Knoke.

Revue. — Explosions de chaudières dans l'empire allemand en 1898.

Correspondance. — La fonderie moderne. — Expériences sur la résistance des meules. — Stabilité des machines à vapeur verticales.

INFORMATIONS TECHNIQUES

Ire SECTION

Travaux publics, chemins de fer, navigation, etc.

1. — **Pont en ciment armé.** — Un pont en ciment armé vient d'être établi sur le Gers, à Auch. Il a été exécuté par M. Bonna, un des entrepreneurs de la Société pour les constructions en ciment armé, sur un projet dressé par le bureau d'études de cette Société.

Cet ouvrage a **21** *m* d'ouverture, il est constitué par quatre arcs doubleaux ayant **0,30** *m* à la clef et **0,40** *m* de largeur. La flèche étant de **2** *m*, le surbaissement est de $\frac{1}{10,5}$. La largeur totale du pont est de **6** *m*, dont **4,50** *m* pour la chaussée et **0,75** *m* pour les trottoirs établis en porte-à-faux de part et d'autre. Cette chaussée comporte un pavage en bois de **0.10** *m* de hauteur établi directement sur le hourdis qui entretoise les arcs. Ce hourdis n'a que **0,15** *m* d'épaisseur.

Les arcs sont fortement ajourés vers leur naissance, de manière à donner le plus de légèreté possible à l'ouvrage et viennent s'arc-bouter contre le terrain lui-même par l'intermédiaire d'une dalle en ciment armé de **0,13** *m* d'épaisseur, légèrement inclinée, de manière à se présenter normalement par rapport à la résultante des forces qui sollicitent le pont. Cet ouvrage n'a donc pas de culées proprement dites, mais de simples épanouissements des arcs qui le supportent.

Les armatures ont été prévues d'après le système Bonna, c'est-à-dire qu'elles sont symétriques et assemblées ensemble à l'aide de montants en fer plats.

L'ouvrage a été calculé de manière que les arcs en béton résistent aux efforts de compression et que leurs armatures résistent aux moments de flexion et aux efforts tranchants.

Les essais faits à l'aide des chariots les plus lourds qu'on ait pu trouver dans la ville d'Auch ont été des plus satisfaisants ; la flexion a été insensible.

Cette rigidité est due certainement aussi bien à l'assemblage des armatures qu'à la bonne exécution des bétons (*Le Ciment*, novembre **1899**, page **161**).

2. — **Pont sur l'Yssel.** — Le plus ancien des grands ponts métalliques, en Hollande, va prochainement disparaître ; il s'agit du pont de chemin de fer de Westervoort, sur l'Yssel, construit en **1856**.

Ses travées principales, de **50** *m* de portée, sont franchies par des poutres à âme pleine continues au-dessus des piles. Aujourd'hui, après quarante ans de service seulement, cet ouvrage, dont le type est d'ailleurs complètement démodé, n'offre plus une résistance en rapport avec les exigences du trafic et de nombreuses consolidations n'ont pu le préserver d'une reconstruction complète.

Le nouveau pont, que l'on construit en ce moment à côté de l'ancien, comporte une travée centrale de 113 *m* d'ouverture, comprise entre deux viaducs dont l'un, celui de la rive droite, présente six travées de 40 *m* et l'autre, celui de la rive gauche, deux travées de 40 *m* et deux arches de 20 *m*.

Ces dernières sont couvertes par des voûtes, exemple assez rare dans les Pays-Bas. Les travées de 40 *m* sont franchies par des poutres droites à triangulation simple du type Warren, combiné avec l'emploi de montants verticaux à chaque nœud. La travée principale est du type ordinaire des ponts néerlandais à treillis Molinié double.

L'ouvrage comprend trois tabliers indépendants dont deux portent chacun une voie ferrée et le troisième une voie charretière. Le nouveau pont sera le premier grand ouvrage néerlandais construit en acier doux ou métal fondu. Ce métal est obtenu par le procédé Siemens-Martin (*Annales des Travaux publics de Belgique*, octobre 1899, page 211, d'après les *Mémoires de l'Institut Royal des Ingénieurs Néerlandais*).

3. — **Tunnel du Simplon.** — A la fin de novembre, la longueur totale de la galerie d'avancement était de 3 574 *m*, dont 2 148 *m* du côté nord et 1 426 *m* du côté sud, l'avancement pendant le mois de novembre ayant été de 267 *m*. L'avancement moyen de la perforation mécanique a été de 5,60 *m* par journée de travail (le travail a été interrompu du 11 au 19 par suite de grève), du côté nord et 4,80 *m* du côté sud, total 10,40 *m*. Il a été employé en moyenne par jour, 1 359 ouvriers dans le tunnel et 1 009 en dehors, soit en tout 2 368.

Le terrain traversé se compose, au nord, de schiste calcaire et au sud de gneiss d'Antigorio sec (*Schweizerische Bauzeitung*, 9 décembre 1899, page 229).

4. — **Le canal de Manchester.** — Un des résultats les plus remarquables de la construction du canal entre l'embouchure de la Mersey et Manchester a été de faire de la métropole industrielle du Lancashire un véritable port de mer.

L'année dernière a vu se constituer, sous le nom de *Manchester Liners, limited*, une société au capital de 25 millions de francs, dans le but, déjà réalisé en partie, à l'heure qu'il est, de mettre la ville de Manchester en communication directe et régulière avec le Canada et les États-Unis au moyen de paquebots à vapeur.

Cette Compagnie vient de faire construire sept grands steamers, jaugeant entre 3 300 et 5 800 *tx* chacun et dont le coût total s'élève à 16 millions de francs. Six de ces bâtiments sont pourvus d'appareils réfrigérants en vue de l'importation des viandes fraîches d'Amérique, qui se pratique, comme on sait, sur une échelle toujours plus vaste, au grand profit de la population britannique.

Comme pour souligner le caractère essentiellement « manchestrien » de la nouvelle entreprise, la Compagnie a donné à ses paquebots les noms suivants, dont la traduction française est : *Ville de Manchester*, *Port de Manchester*, *Municipalité de Manchester*, *Commerce de Manchester*, *Armateur de Manchester*, etc.

5. — **Les chemins de fer en Russie.** — D'après l'*Invalide Russe*, il existe en Russie, en exploitation, au 1er-13 mars 1899, une longueur totale de 48 608 *km* de chemins de fer, dont seulement 8 643 à double voie. Sur ce chiffre, 2 593 *km* se trouvaient en Finlande et le reste était sous le contrôle du Ministère des Voies de Communication. Sur ce dernier total de 45 015 *km*, 29 473 dont 6 962 à double voie, appartenaient à l'État, 15 072 dont 1 582 à double voie, à des Compagnies et 470 *km* étaient soumis à un régime spécial.

Les lignes en cours d'exécution ont une longueur totale de 9 753 *km*, sur lesquels 1 574 sont construits par l'Administration des Chemins de fer de l'État, 3 162 par l'Administration du Chemin de fer Sibérien, 315, appartenant à la ligne Transcaspienne, par le Ministère de la Guerreet 4 667 par des Compagnies. De plus, la construction de 2 935 *km* vient d'être décidée, dont 190 seront exécutés par l'État et le reste par des Compagnies. (*Engineering*, 28 juillet 1899, page 111.)

6. — **Le port de Windau.** — Le gouvernement russe se préoccupe d'améliorer les conditions du port de Windau, situé sur la rivière de ce nom dans la Courlande à 200 *km* au nord-est de Memel. Windau n'est qu'une ville de 6 000 habitants, mais sa situation est remarquable en ce sens surtout qu'elle est accessible en hiver, faculté dont ne jouit aucun autre port de la Russie. L'embouchure du fleuve est navigable par les plus grands bâtiments, et, à 7 milles de la mer, on trouve encore des profondeurs de 7,50 à 12 *m*.

Windau va être relié aux réseaux des voies ferrées russes par la construction et l'extension de la ligne Moscou-Rybinsk-Windau, qui le mettra en communication directe avec l'intérieur (*Engineer*, 8 septembre 1899, p. 236.

IIe SECTION

Mécanique et ses applications. Locomotives, Machines à vapeur, etc.

7. — **Travail annuel d'une locomotive.** — Il y a sur les chemins de fer du Royaume-Uni actuellement 19 914 locomotives dont le parcours moyen annuel est pour chacune de 30 745 *km;* les recettes annuelles pour une locomotive sont de 114 300 francs, de sorte que chaque kilomètre de parcours d'une locomotive rapporte en moyenne 3,72 *f*. Il faut déduire de ce chiffre les dépenses diverses relatives tant à la voie qu'au service de la traction, de sorte que la différence peut être estimée à 2 *f* environ.

De même que l'ouvrier dans toutes les industries, la locomotive d'aujourd'hui fait moins de travail que celle d'autrefois, car les 15 924 locomotives qui existaient il y a dix ans sur les chemins de fer du Royaume-

Uni, avaient chacune un parcours moyen annuel légèrement supérieur et, contrairement à l'ouvrier, elles gagnaient alors un peu plus que maintenant.

Si nous prenons le coût d'une locomotive actuelle à 67 500 *f* en moyenne, nous trouvons qu'elle gagne son prix d'achat en sept mois, en ne considérant que les recettes brutes; ce serait tout autre chose si on prend les recettes nettes, défalcation faite des dépenses de toute sorte.

C'est en Écosse que la locomotive paraît faire le plus de travail; en effet, on y compte une locomotive pour 2 800 *m* de lignes en exploitation, tandis qu'en Angleterre et dans le Pays de Galles, il y a une locomotive par 1 400 *m*, soit le double en proportion. Bien que le produit kilométrique soit bien plus élevé qu'en Ecosse, dans le rapport de 80 000 à 75 000 *f*, la recette annuelle est plus élevée en Écosse. Ainsi la locomotive écossaise parcourt 37 500 *km* et gagne 121 000 *f* par an, tandis que pour la machine anglaise les chiffres correspondants sont seulement 30 000 *km* et 113 600 *f*, En Irlande, on compte une locomotive pour 6,5 *km* de chemins de fer. La recette brute kilométrique est de 27 800 *f*. les machines font en moyenne un parcours annuel de 33 600 *km* et une recette de 110 000 *f* (*Engineering*, 6 octobre 1899, page 432).

8. — **Les locomotives dans les opérations militaires.** — A présent qu'on apprécie pleinement l'utilité des locomotives dans les opérations militaires, il n'est pas sans intérêt de rappeler que les premières qui y jouèrent un rôle direct furent deux machines à 8 roues couplées construites en 1855 par la Haigh Foundry et envoyées en Crimée. Ces locomotives n'avaient pas de boîtes à feu proprement dites, mais des foyers cylindriques à axe horizontal de 1,525 *m* de longueur avec les tubes à la suite. Les cylindres extérieurs avaient 381 × 0,508 *m* et leurs pistons commandaient le troisième essieu. Les roues des deux essieux du milieu n'avaient pas de boudins et les essieux étaient aussi rapprochés que possible. La pression était de 8,5 *kg;* deux pompes servaient à alimenter la chaudière; il y avait en plus une pompe à bras pouvant servir de pompe à incendie.

Ces machines servaient à remorquer les pièces de siège sur de courtes voies se raccordant à une voie principale. Si une de ces pièces venait à être démontée, la machine la retirait et en amenait une autre; elle avait à remonter une rampe de 1 à 10. Les affûts des canons avaient naturellement des roues munies de boudins; les rails étaient de vieux rails Barlow provenant du Midland Railway.

Une de ces machines fut frappée deux fois par des projectiles russes dont l'un brisa un cylindre et l'autre démolit l'abri du mécanicien placé sur la chaudière et formé de tôles épaisses. Le mécanicien s'en tira avec un bras enlevé; il continua néanmoins, une fois guéri, son service avec sa machine réduite à un seul cylindre jusqu'à la prise de Sébastopol, mais il mourut peu après. Aucune des deux locomotives ne fut ramenée en Angleterre, bien qu'une n'ait pas souffert.

La Haigh Foundry construisit encore quatre locomotives dont une Crampton à six roues et une Crampton à bogie avec deux essieux ac-

couplés à roues de 1982 *m* de diamètre, l'essieu moteur étant à l'arrière. L'usine fut reprise peu après par MM. Birley et Thompson qui abandonnèrent la construction des locomotives et se livrèrent à celle du matériel de mines jusqu'en 1884 où les ateliers furent fermés (*Engineer*, 24 novembre 1899, page 532).

9. — **Stations centrales américaines.** — La station centrale du Métropolitan Street Railway, à New-York, aura, lorsqu'elle sera complète, une puissance plus que double de celle des plus grands transatlantiques qui ont 30 000 *ch*. En effet, elle ne contiendra pas moins de 11 machines compound de 6 600 *ch* chacune.

Le projet de la station centrale du Manhattan Elevated Railway, également à New-York, prévoit huit énormes machines compound a 4 cylindres, pouvant développer chacune 10 000 *ch*. Deux des cylindres seront montés verticalement au-dessus de l'arbre sur les bâtis de forme ordinaire en A, tandis que les deux autres cylindres seront placés horizontalement, les quatre pistons attaquant le même arbre. On parle enfin d'une station centrale, encore plus importante, pour les lignes électriques de la Compagnie de la Troisième Avenue, toujours à New-York, dont la puissance atteindrait 100 000 *ch* (*Engineer*, 1er décembre 1899, page 546).

10. — **Générateur de vapeur portatif.** — On emploie en Allemagne, pour certains usages tels que le nettoyage des tuyaux dans les brasseries et des applications hygiéniques, la désinfection par exemple, un appareil très simple formé d'un récipient cylindrique de 90 *mm* de diamètre et 0,30 *m* de longueur fermé à une extrémité et muni d'une fermeture à vis de l'autre. On introduit dans ce récipient une ou deux tiges de fer chauffées au rouge blanc et on ferme; puis, au moyen d'un tuyau aboutissant au générateur, on pompe de l'eau, ce qui donne une production de vapeur surchauffée ou non, selon la quantité d'eau qu'on injecte. Pour les brasseries, on se sert de vapeur saturée; dans ce cas, on injecte l'eau dans le haut du cylindre à côté de la prise de vapeur. Pour la désinfection, on emploie la vapeur surchauffée; dans ce cas on injecte l'eau dans le bas de manière que la vapeur s'élève le long des tiges de fer rouge. Ces tiges ont une capacité de 800 calories, ce qui permet d'obtenir 2,14 m^3 de vapeur à la pression atmosphérique. Ou chauffe les tiges de fer dans une forge ou un four spécialement approprié (Abstracts of papers de l'*Institution of Civil Engineers*. Vol. CXXXVII, page 470).

11. — **Le paquebot allemand** *Kaiser Friedrich*. — Le paquebot *Kaiser Friedrich* a été construit pour le compte du Norddeutscher-Lloyd par les chantiers Schichau, à Elbing, près Dantzig. Ce navire a 183 *m* de longueur et 19,50 *m* de largeur. Il a un peu moins de déplacement que le *Kaiser Wilhelm der Grosse* et on comptait qu'avec une puissance de 25 000 *ch* indiqués, il réaliserait, grâce à son moindre déplacement et à ses formes plus fines, une vitesse supérieure de un demi nœud à celle de ce paquebot. Malheureusement, la vitesse, au lieu d'être plus

grande, s'est trouvée assez notablement inférieure. On a attribué cet insuccès à diverses causes telles que la position des machines trop à l'avant, ce qui entraîne l'emploi d'arbres de très grande longueur, environ 75 *m*, et à la disposition des machines faites sur le modèle de celles des torpilleurs, d'où des vibrations qui ont absorbé une partie de la puissance développée dans les cylindres.

Quoiqu'il en soit, le *Kaiser Friedrich*, ne remplissant pas les conditions du marché, a été refusé par la Compagnie qui l'avait commandé et a été vendu (probablement avec une forte perte) à la Compagnie Hambourgeoise-Américaine. Ses débuts n'ont pas été très heureux. A son premier voyage à New-York, il s'est échoué à Long Branch à quelques brasses de l'endroit où pareil accident était arrivé au *Saint-Paul* en 1895 (voir Chronique de février 1896, page 274). il a pu heureusement se relever sans avaries graves. Après deux voyages effectués à travers l'Océan, le *Kaiser Friedrich* vient d'être envoyé à Dantzig pour recevoir deux chaudières supplémentaires, son appareil évaporatoire actuel ne pouvant, paraît-il, pas suffire à la consommation de ses puissantes machines. (Diverses sources.)

12. — **Un navire à voiles remarquable.** — On a construit depuis quelques années des navires à voiles de très grandes dimensions; en voici un exemple. C'est un six mâts goélette en construction à Camden Me. (États-Unis) et destiné à faire le transport du charbon entre Philadelphie et les ports du Maine. Ce navire doit avoir 91,50 *m* de longueur de quille, 100,65 *m* de longueur totale, 14,50 *m* de largeur et 6,65 *m* de creux. Les bas-mâts auront 35 *m* de longueur et les mâts de hune, 18 *m*, les cinq vergues d'avant auront 12,75 *m* de longueur et la grande bôme, 22 *m*. Le navire pourra porter 5 000 *t.x* de charbon. Nous ferons remarquer que les dimensions de ce remarquable échantillon d'architecture navale sont notablement inférieures à celles du *Potosi*, le plus grand navire à voiles de l'époque dont nous avons parlé dans la Chronique de juin 1895, page 915, et même à celles du *Maria Rickmers*, construit en 1891, et qui périt à son premier voyage (Chronique de février 1893, page 327. Les renseignements sur le navire américain sont donnés par l'*Engineering News*, numéro du 14 septembre 1899, page 161.

III[e] SECTION

Travaux géologiques. — Mines et Métallurgie. Sondages, etc.

13. — **Machine d'épuisement à Idria.** — Cette machine, construite par E. Skoda, à Pilsen, est de système Kley et présente cette particularité d'être à double effet et à rotation, mais d'être en même temps munie d'une cataracte, ce qui lui permet de fonctionner d'une

manière continue ou par intermittence, de manière à donner à volonté toutes les vitesses entre 1/2 et 18 tours par minute.

Le balancier, placé en dessous du cylindre, à vapeur a des bras inégaux de façon à donner une course de 1,50 *m* à la tige qui descend dans le puits tandis que la course du piston à vapeur est de 2 *m*. Ce balancier se prolonge au delà du cylindre et donne une course de 6,50 *m* à un balancier équilibrant la maîtresse tige, cette partie porte aussi une bielle qui actionne une manivelle de 1,80 *m* de rayon calée sur l'arbre du volant.

La hauteur totale d'élévation est de 259 *m* et est divisée en trois étages de 55,6, 100, et 103,5 *m*. La maîtresse tige, en acier, est de section circulaire croissante de 0,135, 0,110, 0,080, et 0,075 *m*. Le poids des pièces mobiles des pompes est de 50 000 *kg* et la charge d'eau de 27 600 *kg* à la montée et de 14 000 à la descente. Le coefficient de sécurité du travail de la maîtresse tige est de 10 à la partie supérieure et de 13 à la partie inférieure.

La charge dans la course ascendante est de 79 *t* et à la descente de 50, il y a donc une différence de près de 30 *t* équilibrée en partie par un contrepoids en fonte de 20 *t* placé sur le balancier entre la tige du piston à vapeur et la bielle motrice.

De plus les pistons sont très lourds et épais. Celui du cylindre à haute pression pèse 1 300 *kg* et celui du cylindre à basse pression 3 300 *kg*.

Le volant, de 7,50 *m* de diamètre, pèse 20 000 *kg* et le poids total de la machine avec le condenseur atteint 137 000 *kg*.

A la vitesse de 8 à 9 tours par minute correspondant à une puissance de 120 à 150 *ch* indiqués, la dépense de vapeur a été trouvée de 9,74 *kg* par cheval-heure, aux essais. En service régulier, la moyenne de trois années a donné une dépense de 13,7 *kg* de vapeur par cheval effectif. La machine, avec sa grue roulante de service, a coûté 100 000 *f* en nombre rond. (*Œsterreichische Zeitschrift für Berg und Hüttenwesen*, 1899, page 27.)

14. — **Durée des câbles de mines.** — L'inspection des mines du district de Dortmund a dressé depuis 1872 des statistiques sur la durée des câbles employés dans les mines. Ces statistiques montrent, comme on pouvait s'y attendre, que les câbles en fer qui étaient les plus nombreux il y a vingt-cinq ans, ont été complètement remplacés par les câbles en acier; ainsi, depuis trois ans, il n'y a plus du tout dans ces mines de câbles en fer.

En 1872, il y avait 59 mines en exploitation, employant 1 câble plat en acier, 28 câbles plats en fer, 10 câbles en chanvre, 6 câbles ronds en acier et 69 câbles ronds en fer, total 114 câbles. En 1898, il y avait 116 puits employant 53 câbles plats en acier et 316 câbles ronds de même métal, total 369 câbles. Tous les câbles sont donc actuellement en acier et 86 0/0 sont ronds.

Sur 6 073 câbles mis hors de service de 1872 à 1898, voici les proportions :

Sur 826	câbles plats	en acier,	il en a été	cassé en service	48, soit	5,81 0/0
147	—	en fer,	—	—	19, —	12,93
97	—	en aloès,	—	—	7, —	7,22
8	câbles ronds	en chanvre,	—	—	7, —	7,22
4114	—	en acier,	—	—	81, —	1,97
881	—	en fer,	—	—	105, —	11,95
6073	câbles.				260 —	4,28 0/0

On trouve que 19,3 0/0 des câbles mis hors de service en 1872 l'ont été par rupture, tandis qu'en 1898, seulement 0,54 0/0 des câbles ont été mis de côté pour cette cause. Cette proportion correspond à deux câbles rompus sur 370 mis hors de service dans le district, ces deux câbles étaient des câbles plats faits de fils d'acier doux.

La durée de service des 369 câbles remplacés en 1898 se répartit comme suit :

	De 0 à 200 jours.	De 200 à 400 jours.	De 400 à 600 jours.	De 600 à 800 jours.	De 800 à 1600 jours.	Plus de 1600 jours.	Total.
Câbles plats.	20	24	6	3	—	—	53
Câbles ronds.	53	63	66	73	41	5	301
Divers . . .	3	6	1	2	3	—	15
							369

(*The Iron and Coal Trades Review*, 10 novembre 1899, page 858).

15. — **L'industrie minérale en Espagne.** — La production de l'industrie minérale en Espagne s'est élevée, en 1898, à un total de 152 millions de francs, dont 32 millions sont représentés par les minerais de fer, 40 millions par le plomb argentifère, 24 par le plomb, 21 par la houille, 13 par le cuivre pour ne parler que des plus gros chiffres. Il y a en activité 2 589 concessions dont 440 pour les mines de fer, 657 pour les houillères et 438 pour le plomb. Ces exploitations emploient 64 000 hommes, 2 500 femmes et 9 000 enfants, et 787 machines à vapeur d'une puissance collective de 25 000 *ch.* Le plus grand nombre de machines à vapeur est employé par les mines de plomb argentifère, 203 de 6 700 *ch.*

La production des usines a été, pour la même année, de 167 millions fournis par 126 usines en activité.

Les plus gros chiffres sont donnés par le plomb argentifère 30 millions, le plomb 25, le cuivre 20, le coke 16, le fer 14, l'acier 11.

Ces usines occupent 17 000 hommes, 420 femmes, 2 000 enfants et 423 machines à vapeur de 28 000 *ch* sur lesquelles 288 de 25 000 *ch* sont employées par l'industrie sidérurgique. (*Annales des Mines*, 9me livraison de 1899).

16. — **Les usines Krupp, à Essen.** — L'histoire de l'origine et du développement des usines Krupp, à Essen, forme un chapitre curieux de l'histoire de la métallurgie. Le grand-père du Krupp actuel

établit une petite fonderie en **1810** ; pendant seize ans, il eut beaucoup de peine à gagner sa vie. En **1826**, son fils Alfred lui succéda ; en **1832**, il n'avait encore que 9 ouvriers. En **1851**, il exposa à Londres de l'acier et des canons, ce qui commença à attirer l'attention du public sur ses produits et lui valut peu à peu les commandes des gouvernements.

Au 1er janvier de cette année, il figurait sur les rôles de paye 41 750 personnes, dont plus de 25 000 employées dans les usines d'Essen. En **1895**, les aciéries d'Essen comptaient **3000** machines-outils ou appareils actionnés par **458** machines à vapeur d'une puissance collective de 36 651 *ch.* Il y avait **64** *km* de courroies de transmission. Dans l'année commerciale **1895–1896**, il a été brûlé plus d'un million de tonnes de houille et de coke. La consommation d'eau de l'usine a été égale à celle de la ville de Dresde, qui a une population de 336 000 habitants, et la consommation de gaz d'éclairage a été supérieure à celle de cette ville. Il y a dans l'usine 80 *km* de voies ferrées parcourues par 36 locomotives et 1 300 wagons. Les postes téléphoniques sont au nombre de 522. (*The Iron and Coal Trades Review*, 3 novembre 1899, page 802.)

17. — **La taille des limes à Sheffield.** — Il paraît que la taille des limes constitue toujours une industrie des plus dangereuses. Le quatrième rapport de la Commission des industries insalubres dit que la mortalité sur les tailleurs de limes entre 35 et 55 ans est de 453 par 1 000, alors qu'elle est pour les hommes de cet âge de 261 0/00.

L'empoisonnement par le plomb est la cause principale de cette mortalité, parce que les limes sont placées pendant la taille sur des plaques de plomb. Mais il y a d'autres causes. Les ouvriers travaillent dans une atmosphère humide avec des courants d'air continuels.

D'après un médecin de Sheffield, la plus grande partie de ce travail se fait dans des petits ateliers qui semblent une relique peu enviable des temps passés où les règles de l'hygiène étaient inconnues ; ces ateliers sont généralement dans des cours dans les plus pauvres quartiers de la ville, et les ouvriers travaillent dans la malpropreté et sans aucune ventilation presque toujours. Leurs vêtements sont saturés de graisse et de poussière de plomb.

On propose comme remède de supprimer tous ces petits ateliers et de concentrer cette industrie dans des fabriques qui pourraient être surveillées et contrôlées sévèrement au point de vue des précautions hygiéniques. On pourrait rendre aussi les propriétaires responsables de l'état des logements qu'ils louent, au point de vue des conditions sanitaires. Mais tout le monde paraît être d'accord que tout cela ne servira à rien si les ouvriers eux-mêmes ne se prêtent pas à ces conditions : or, les tailleurs de limes sont peut-être ceux des ouvriers qui sont le moins disposés à prendre des précautions qui gêneraient leurs habitudes séculaires de travail. (*Engineer*, 16 août 1899.)

18. — **Ciments de laitiers de hauts fourneaux.** — On fait du ciment Portland avec des laitiers de hauts fourneaux, et surtout des laitiers basiques, mais on éprouve des difficultés parce que les propriè-

tés physiques de ces laitiers présentent des inconvénients dus à l'absorption d'eau par eux pendant la granulation, ce qui les rend difficiles à sécher d'abord, puis à broyer ensuite.

En somme, on fait sécher du laitier et du calcaire et on les broie, puis, on mélange les deux dans les proportions voulues et on les met sous forme de briquettes que l'on cuit au four, la matière cuite et broyée donne le ciment.

M. de Forell a modifié ce procédé en calcinant d'abord les matières crues, laitier granulé et calcaire concassé; puis, après les avoir broyées, il les cuit au four à l'état de poudre, la matière cuite subissant ensuite un nouveau broyage pour donner le ciment Portland.

Les avantages sont les suivants :

Le broyage des matières tant crues que cuites est simplifié et plus facile;

Le charbon employé au four est du charbon de peu de valeur (du poussier). tandis que la cuisson au four exige du coke;

Le laitier sulfureux est dessoufré par la calcination;

Le séchage et la mise en briquettes sont supprimés et tout le procédé de fabrication, depuis le moment où les matières crues sont mises au four à calciner jusqu'à celui où elles sortent en ciment du four à cuire, est purement mécanique. La main-d'œuvre est réduite de moitié.

On réalise ainsi une économie considérable sur les dépenses d'installation de l'usine et sur la fabrication.

Les usines de Hirzenhein et Lollar fabriquent, depuis le mois de janvier de cette année, le ciment de Portland d'après le procédé de Forell, et les résultats sont tout à fait satisfaisants.

IVe SECTION

Physique, Chimie industrielle, Divers, etc.

19. — **Corrosion des métaux dans l'eau de mer.** — Des expériences très intéressantes sur la corrosion éprouvée par les métaux dans l'eau de mer ont été faites pendant les deux dernières années à Kiel. La méthode suivie consistait à couper en deux douze échantillons de métaux à soumettre aux épreuves, dont trois étaient conservés comme témoins, tandis que les neuf autres étaient immergés dans l'eau de mer.

Au bout de huit mois, trois des échantillons immergés ont été retirés de l'eau et comparés avec les témoins. Au bout de huit autres mois, on en a encore retiré trois et, au bout d'une troisième période de huit mois, les trois derniers.

Ces échantillons se composaient d'alliages de cuivre riches en zinc, de bronzes avec une faible proportion de zinc, de bronze exempt de zinc, de bronze d'aluminium pur et de bronze d'aluminium contenant du zinc ou du zinc et du fer. Ce dernier a montré une résistance particulière à la corrosion n'ayant subi aucune atteinte après deux années d'immersion.

Les alliages renfermant du zinc ont donné de moins bons résultats. Les alliages de cuivre et d'étain et de cuivre et d'aluminium et les bronzes au fer ont parfaitement résisté à la corrosion étant en contact dans l'eau de mer avec du fer. Les bronzes contenant du fer, placés en contact dans l'eau de mer avec des bronzes contenant de l'étain, ont montré une attaque plus ou moins notable.

Une chose importante pour prévenir la corrosion est d'éviter de mettre ces alliages en contact avec des métaux qui sont électro-positifs par rapport à eux (*Engineering*, 11 août 1899, page 175).

20. — **Le roman de l'aluminium.** — Il paraît qu'une brochure, d'origine inconnue, a été largement répandue en Amérique et en Angleterre, après avoir d'abord paru dans un journal spécialement consacré aux intérêts de l'industrie de l'aluminium. On y trouve un curieux paragraphe tendant à faire croire que l'aluminium était connu dans l'antiquité et que le secret de sa fabrication, perdu depuis longtemps, avait été retrouvé par Sainte-Claire Deville.

Dans les Naturæ historiarum, de Pline (lib. XXXVI, cap. 26), il est dit que, pendant le règne de l'empereur Tibère, un artisan en métaux *(faber)* se présenta au palais et exhiba devant ce souverain un vase d'un métal brillant comme l'argent mais qui n'en était pas. En le présentant à Tibère, il le laissa tomber exprès, le vase se bossua au point de paraître complètement hors de service, mais l'artisan prit un marteau et répara le dommage séance tenante. Questionné, il expliqua que le métal dont était fait le vase s'extrayait de l'argile. Tibère lui demanda si quelqu'un connaissait le secret de cette préparation, il répondit que lui seul et Jupiter en avaient connaissance. Là-dessus, l'empereur, ayant réfléchi que la préparation en grand d'un métal extrait d'une terre sans valeur aurait pour effet de déprécier considérablement l'or et l'argent, fit détruire l'atelier de l'inventeur et le fit mettre à mort pour que son secret disparût avec lui.

On fait observer que cette histoire manque absolument de vraisemblance et que divers détails semblent indiquer qu'elle a été fabriquée de toutes pièces. Les livre et chapitre indiqués de l'Histoire naturelle de Pline ne contiennent rien qui s'y rattache. Ce qui s'en rapprocherait le plus est une anecdote, rapportée par Pline et par d'autres auteurs, relative à un verre flexible, dont Tibère aurait fait mourir l'inventeur, et il est probable que l'auteur anonyme aura arrangé cette histoire en la rapportant à l'aluminium. La priorité de Wöhler pour la découverte de l'aluminium et celle de Sainte-Claire Deville pour sa préparation industrielle ne sont donc pas compromises (*Engineer*, 8 septembre, page 252).

21. — **Emploi de l'ammoniaque pour l'extinction des incendies.** — Le *National Druggist* donne des renseignements intéressants sur l'emploi de l'ammoniaque pour éteindre les incendies.

Dans un cas où le feu avait pris, probablement par suite de combustion spontanée dans un local contenant plusieurs milliers de kilogrammes de graine de coton et dont l'intérieur était un brasier ardent, quelques litres d'ammoniaque ont amené l'extinction immédiate. Dans

un autre cas, à Savenay, en France, les vapeurs de gazoline contenue dans un récipient qui en renfermait 200 *l*, prirent feu dans la pièce au linge d'une blanchisserie. Cette pièce fut immédiatement remplie de flammes, mais la projection de 6 *l* d'ammoniaque suffit pour éteindre le feu presque instantanément.

Ce liquide se trouvait dans une dame-jeanne en verre dans une pharmacie à côté de la blanchisserie, le pharmacien la jeta dans le feu pour essayer l'effet. Celui-ci fut instantané, des torrents de fumée noire remplacèrent les flammes et, après quelques instants, toute trace de feu avait disparu, au point qu'on put pénétrer de suite dans la pièce où on trouva intact le réservoir en fer qui contenait la gazoline (*Journal of the Franklin Institute*, octobre 1899, page 315).

22. — **Nouveau procédé pour la fabrication des boutons.** — Il parait qu'on fabrique actuellement aux Etats-Unis des boutons avec... du lait. Le lait est d'abord écremé dans un séparateur centrifuge, puis on le fait bouillir jusqu'à ce qu'il acquière une consistance visqueuse ; on le pétrit et on le met dans des sacs en toile et on exprime l'eau en le soumettant à l'action d'une forte presse. La matière qu'on retire des sacs est introduite dans des séchoirs chauffés par des conduites de vapeur. Au bout de deux ou trois jours elle a acquis une belle couleur jaune d'or et est devenue dure comme de la pierre. Le reste du procédé est tenu secret jusqu'à présent (*Engineer*, 1er décembre 1899, page 546).

23. — **Mesures contre l'alcoolisme.** — Nous trouvons des renseignements intéressants sur les mesures prises dans divers pays contre l'alcoolisme dans le compte rendu de l'assemblée générale de la ligue patriotique suisse contre l'alcoolisme tenue à Genève le 27 novembre dernier.

Il y est indiqué que le principal événement a été l'organisation définitive de la délégation permanente des sociétés anti-alcooliques destinée a prendre des mesures d'ensemble contre le fléau. La délégation a décidé de mettre a l'étude les points suivants :

1° Statistique des sociétés qui luttent contre l'alcoolisme ;
2° Enseignement antialcoolique ;
3° Emploi des 10 0/0 du monopole fédéral de la régie des alcools (1) ;
4° Impôt sur la bière ;
5° Prohibition de l'absinthe et des boissons à essence.

Ces diverses questions ont été renvoyées aux différents groupes représentés dans la délégation, pour étude approfondie.

Voici quelques détails sur quelques-uns des asiles de buveurs qui existent actuellement en Suisse. D'abord le château de Hard, près du lac de Constance, une résidence princière où l'on soigne les alcooliques des classes riches de la société. On s'y adonne à tous les exercices physiques, canotage, bicyclette, chasse, etc.

L'asile d'Ellikon (Zurich), fondé par M. le professeur Forel, s'adresse à une classe plus modeste. C'est essentiellement par le travail agricole

(1) La confédération ayant le monopole de la vente des alcools, 10 0/0 des bénéfices réalisés doivent être consacrés à la lutte contre l'alcoolisme.

ou de métier et par l'action morale qu'on cherche à relever les buveurs; jusqu'à présent l'asile a recueilli 703 malades.

Pontareuse, l'asile neuchâtelois, est de création plus récente, il ne compte que huit pensionnaires ; la grande difficulté est d'obtenir qu'ils travaillent sérieusement.

A Bethesda, près de Lausanne, existe un asile pour huit femmes. Mêmes difficultés, la moitié des places est occupée.

Les conclusions sont que la Suisse possède un nombre suffisant d'asiles de buveurs libres. Ce qu'il faudrait, ce sont des asiles dans lesquels seraient internés les buveurs des maisons de correction, dans lesquels on casernait ces malheureux pour les guérir au lieu de les envoyer dans des pénitenciers ou dans des prisons où leur état ne fait qu'empirer et d'où ils sortent plus mauvais qu'avant.

Le canton de Saint-Gall a adopté cette idée et interne ses buveurs obligatoirement à Ellikon. L'exemple est donc donné, il faut espérer qu'il sera suivi (*Journal de Genève* du 4 décembre 1899).

24. — **Monument en mémoire de Robert Fulton.** — Depuis 84 ans, les restes de Robert Fulton reposent négligés et absolument oubliés, au cimetière de la Trinité, à New-York, dans le caveau de la famille Livingstone, sans que la moindre inscription indique la sépulture de ce grand ingénieur. On a fini cependant par s'apercevoir que cet oubli faisait peu d'honneur à un pays qui lui devait la première application de la navigation à vapeur, progrès dont l'influence sur le développement de l'industrie, du commerce et de la civilisation aux États-Unis avait été si considérable. La Société Américaine des Ingénieurs-mécaniciens a pris l'initiative de cette réparation et un monument sera élevé par souscription dans un endroit à déterminer.

Ve SECTION

Électricité.

25. — **Rendement de la transmission du son par l'électricité.** — M. Dussaud s'est proposé de rechercher les conditions dans lesquelles le son est transmis avec le meilleur rendement au moyen de l'électricité.

Poste transmetteur. — L'auteur a constaté que le rendement est d'autant meilleur qu'on enferme davantage de membranes microphoniques dans une caisse de résonance où vient vibrer l'air mis en mouvement par la voix et que l'on augmente encore ce rendement en faisant agir l'air vibrant sur chacune des surfaces des membranes microphoniques. Ces membranes sont réunies par des doubles cônes et des granules de charbon.

Poste récepteur. — Le rendement est d'autant meilleur que l'on donne plus de facettes à chacun des pôles de l'électro-aimant, chaque facette ayant en face d'elle sa plaque vibrante et que l'on augmente encore ce

rendement en recueillant l'air ébranlé des deux côtés de chacune des plaques vibrantes au moyen de conduites qui aboutissent à un même orifice. En se servant de deux postes où sont appliqués les principes ci-dessus, on constate que le rendement de la transmission est suffisant pour actionner un phonographe. C'est ce dernier appareil qui a servi à M. Dussaud à la mesure des rendements obtenus.

Il a pu enregistrer ainsi, à un très grand nombre de kilomètres et avec les courants ordinaires de la téléphonie, des conversations téléphoniques en l'absence de l'abonné appelé, des auditions théâtrophoniques et des discours, le poste transmetteur étant dissimulé sur la tribune de l'orateur.

A la suite de ces expériences, il a été chargé par le département genevois de l'Instruction publique de les répéter dans une conférence officielle le 15 novembre dernier.

Le poste transmetteur fut installé dans le laboratoire de physique de l'Université et le poste récepteur dans le grand amphithéâtre de ce même bâtiment. Plus de mille personnes qui se trouvaient dans cet amphithéâtre ont entendu, sans perdre un mot, les paroles enregistrées et répétées par le poste récepteur.

Le rendement était tel que l'intensité et le timbre de la voix des personnes qui parlaient devant le poste transmetteur conservaient presque, au poste récepteur, leur valeur primitive, malgré les nombreuses transformations d'énergie nécessitées par le fait de la transmission électrique et de l'enregistrement du phonographe. (*Comptes rendus de l'Académie des sciences*, séance du 27 novembre 1899, page 880.)

26. — **Télégraphie sans fil de Marconi.** — La commission de la marine des États-Unis qui a expérimenté le système de télégraphie sans fil de Marconi a fait un rapport favorable sur ce système.

Elle le considère comme très convenable pour la navigation en escadre où il peut donner des signaux non affectés par l'obscurité, le brouillard, la pluie, etc. Toutefois, l'humidité amenée par le brouillard n'est pas sans inconvénient, parce qu'elle affecte l'isolation du fil aérien et des instruments.

On n'a pas pu apprécier les effets du roulis et du tangage, mais les vibrations qui se sont manifestées dans la marche rapide du navire n'ont paru avoir aucune action sur les instruments et il ne semble pas y avoir à craindre des difficultés de ce côté. Dans les limites dans lesquelles on a expérimenté, l'exactitude a été satisfaisante.

Les chiffres et les signaux peuvent être répétés, si c'est nécessaire, à la station expéditrice pour assurer l'exactitude.

La plus grande distance à laquelle on ait télégraphié dans les essais avec la station de Novisiok, a été de 16,5 milles (26,4 *km*), mais dans la course des yachts, avec des instruments mieux installés, cette distance a été considérablement dépassée. Les appareils doivent être placés dans l'intérieur du navire, bien abrités et en communication facile avec la passerelle de commandement. Il est bon de faire attention à l'isolation, parce qu'une étincelle, sortie des fils ou des bobines, pourrait enflammer des mélanges gazeux ou des matières facilement com-

bustibles. Ce danger est facile à éviter avec quelques précautions.

Lorsque deux transmissions ont lieu simultanément, tous les récepteurs à portée reçoivent les ondulations et, si on n'a pu lire les signaux transmis, on peut du moins reconnaître qu'il y a transmission multiple. Dans tous les cas, il y a eu confusion des signaux. M. Marconi a bien dit à la Commission qu'il pouvait empêcher cette confusion, mais il n'a pas démontré comment il pourrait y arriver.

Entre de grands navires ayant des mâts de 40 à 43 *m* de hauteur et des torpilleurs ayant un mât de 14 *m*, on pourrait échanger en mer des signaux pouvant être lus à 7 milles de distance sur le torpilleur et à 85 milles sur les grands navires. Il ne faut pas compter transmettre plus de douze mots par minute avec des opérateurs exercés. Les secousses produites par la bobine du transmetteur peuvent être très fortes et même dangereuses pour les personnes dont le cœur est délicat; on n'a toutefois pas encore constaté d'accidents. On n'a point non plus eu l'occasion d'apprécier l'influence de la foudre. Les appareils et le fil conducteur impressionnent les compas s'ils en sont rapprochés; on n'a pu apprécier la distance convenable et il faudra la déterminer par expérience.

Le système Marconi se prête à l'emploi sur tous les navires de la marine, y compris les torpilleurs, les vedettes, etc., toutefois on ne pourrait les employer sur des embarcations.

Pour les débarquements en campagne, la méthode la plus pratique serait d'élever un mât sur le rivage pour la communication avec le navire. Le système peut être employé pour la détermination télégraphique des différences de longitude et de latitude dans les opérations hydrographiques. La Commission conclut en recommandant un essai du système par la marine des États-Unis (*Electrical World and Engineer*, 25 novembre 1899, page 820).

27. — **Procédé électrolytique pour la fabrication des projecteurs.** — L'emploi des projecteurs dans les opérations militaires et navales est devenu courant; il n'est pas un navire de guerre qui n'en possède un ou plusieurs. On sait que ces appareils ont joué un rôle très important dans le blocus de Cuba dans la guerre entre l'Espagne et les États-Unis.

On a jusqu'ici employé exclusivement des miroirs en verre; il y a intérêt à se servir de réflecteurs paraboliques en métal qui renvoient les rayons provenant du foyer lumineux en faisceau parallèle par le seul effet de la réflexion. Il est important que la courbure de la surface soit nettement parabolique.

On emploie depuis peu une méthode fort curieuse qu'on peut résumer comme suit. On emploie un moule convexe en verre sur la surface duquel on dépose une couche d'argent métallique qu'on polit. Ce moule est placé dans un bain galvanoplastique de sulfate de cuivre, et on lui donne un mouvement de rotation dans le sens horizontal à raison de quinze tours environ par minute. Le cuivre se dépose et adhère fortement à la couche d'argent et forme avec elle un réflecteur qu'on dégage du moule en verre en plaçant le tout dans de l'eau froide qu'on chauffe

graduellement jusqu'à 50° C. de manière que la dilatation inégale des deux parties on opère la séparation. La surface concave du réflecteur est la reproduction exacte du moule et a le même poli; il n'y a pas d'autre traitement à lui faire subir que le dépôt d'une pellicule métallique qui l'empêche de se ternir. Le palladium est le métal qui convient le mieux, parce qu'on peut le déposer très rapidement à l'épaisseur voulue et qu'il donne une surface polie et brillante.

(Extrait d'un mémoire de M. J. Cowper Coles, lu à l'*Association Britannique.*)

28. — **Conducteurs en aluminium.** — La Hartford Electric Light Company va employer 53 *km* de câbles en aluminium pour transmettre 2 000 *ch* à la tension de 10 000 volts entre Tariffville et Hartford, Conn, États-Unis.

Le câble, de 19 *mm* de diamètre, se compose de sept torons, formés chacun de sept fils n° 11, sa conductibilité est équivalente à celle d'un fil de cuivre n° 0000. Aux prix actuels du cuivre, l'économie apportée par l'emploi de fils d'aluminium sera de 18 000 *f* environ.

On emploiera un courant triphasé et les conducteurs qui seront nus seront placés en triangle sur deux traverses avec des isolateurs spéciaux entre eux (*Engineering News*, 14 septembre 1899, page 161).

Pour la Chronique, les Comptes Rendus et les Informations Techniques :

A. Mallet.

BIBLIOGRAPHIE

III^e SECTION

Étude relative à la composition des cuivres rouges destinés à la fabrication des tuyaux pour conduites de vapeur et d'eau et aux conditions de recette à imposer pour les fournitures de l'espèce, par M. Besson, Ingénieur de la Marine (1).

Le titre indique nettement quelles sont les questions qui sont étudiées dans cet ouvrage; il comprend quatre chapitres; le premier donne la liste des provenances et des marques de cuivre employé dans les diverses usines et spécialement dans celles qui s'occupent de la fabrication des tuyaux; le deuxième chapitre se rapporte aux procédés d'épuration et d'affinage du cuivre, par fusion et par électrolyse; le troisième aux divers modes de fabrication des tuyaux en cuivre sans soudure, notamment par le procédé Elmore-Secretan; les défauts de fabrication sont exposés dans le dernier chapitre. Comme conclusion, l'auteur propose un cahier des charges type pour la fourniture des tuyaux en cuivre rouge.

Il y a donc là un ensemble de renseignements intéressants pour les spécialistes.

Paul Jannettaz.

IV^e SECTION

L'essai des matières textiles, par J. Persoz.

En publiant dans l'*Encyclopédie scientifique des aide-mémoire Léauté*, l'*Essai des matières textiles*, M. Jules Persoz, Directeur de la Condition publique des soies et laines de Paris, a résolu le difficile problème de faire connaître, en moins de deux cents pages, de façon précise et claire, un ensemble de moyens et d'usages, dont la complexité eût fait hésiter un technicien moins expérimenté.

Dans les transactions relatives aux fibres textiles, l'acheteur a besoin de savoir, tout d'abord, la quantité pondérale de matière première qui lui est offerte : tel est le but du *conditionnement* des soies, laines, etc.

Il lui faut savoir aussi quelle est la proportion d'impuretés contenues dans ces marchandises ; le *lavage* des laines, le *décreusage* des soies le renseignent.

Vient ensuite le *titrage* ou *numérotage* des fils.

Enfin le degré de *torsion* imprimé aux filés simples ou retors, la *ténacité* des fils et des tissus complètent les indications précédentes.

A ces quatre genres d'essais correspondent les divisions de l'ouvrage.

(1) E. Bernard et C^ie^, imprimeurs-éditeurs.

Tous les textiles, ainsi que le rappelle l'auteur, contiennent une proportion importante d'humidité, variable suivant les circonstances atmosphériques. Cette propriété hygroscopique devait naturellement provoquer des abus et le commerce de la soie, en raison même de la grande valeur de la matière, fut le premier à chercher le remède.

Après un résumé historique des origines du *conditionnement*, des recherches poursuivies parallèlement en Italie et en France, M. Persoz décrit les appareils perfectionnés et le mode d'essai, qui permettent aujourd'hui de déterminer avec exactitude l'état de siccité absolue d'un lot de soie, puis de calculer le *taux de reprise* normale. Le chauffage des étuves employées au conditionnement est fort délicat, car il faut obtenir une dessiccation complète, rapide, économique, sans altération du produit. M. Persoz discute, en toute compétence, les avantages et les inconvénients de l'air chaud, de la vapeur, du gaz et de l'électricité.

Le commerce des laines, après celui des soies, a bénéficié de l'institution du conditionnement. Ici les opérations s'effectuent tantôt sur les laines en masse, tantôt sur les laines de rubans peignés, tantôt encore sur les fils en écheveaux ou en bobines. Ces différents états de la matière nécessitent des précautions particulières pour le prélèvement et le traitement des échantillons.

Bien que le *taux de reprise* c'est-à-dire la proportion normale d'humidité contenue dans les fibres, n'ait fait l'objet de dispositions législatives qu'à l'égard de la soie et de la laine, M. Persoz indique les reprises que, d'un commun accord, les Directeurs des Conditions françaises et étrangères firent adopter, pour les autres textiles, lors du Congrès tenu à Turin, en 1875, en vue de l'*unification du numérotage des fils*.

Les opérations du conditionnement donnent lieu à un certain nombre de problèmes selon qu'il s'agit de déterminer la proportion d'eau contenue dans une masse fibreuse d'un poids donné et séchée à l'absolu, de connaître le poids absolu d'une masse de fibres dont on a constaté la quantité d'humidité, de déduire du conditionnement d'un échantillon, le poids conditionnel de la partie sur laquelle ledit échantillon a été prélevé, etc., etc. L'auteur passe en revue tous les problèmes qui peuvent ainsi se présenter journellement, en donne la solution à l'aide de formules simples, et complète ces indications par deux tableaux montrant, le premier, la différence entre le poids primitif d'une balle de soie de 100 *kg* et son poids conditionné à la reprise de 11 0/0, pour des proportions d'humidité variables de 7 à 18 0/0; le second, la différence entre le poids primitif d'une partie de laine de 100 *kg* et son poids conditionné aux taux de reprise de 17 et de 18 1/4 0/0, pour des quantités d'humidité comprises entre 13 et 21 0/0.

Le chapitre II, consacré au décreusage des soies et au lavage des laines, n'est pas moins important que le précédent :

« L'opération du *décreusage* — remarque l'auteur — s'effectue jour-
» nellement dans les ateliers de teinture, mais il y a utilité à la pra-
» tiquer aussi d'une façon préliminaire, à titre d'essai, afin de permettre
» au fabricant d'établir le rendement d'une marchandise donnée et, par
» suite, sa valeur réelle. »

Non seulement, en effet, la proportion du vernis naturel, ou *grès*, qui

recouvre la soie écrue, varie avec la provenance de cette soie, mais certains filateurs peu scrupuleux chargent la fibre de matières étrangères telles que gélatine, colle de poisson, savon, etc.

M. Persoz décrit avec son soin habituel, la méthode à suivre pour éviter les erreurs, notamment pour se mettre en garde contre l'usage d'eaux insuffisamment pures ou corrigées, contre l'emploi de solutions savonneuses concentrées à l'excès, etc. L'utilité du décreusage ressort avec évidence du relevé des pertes moyennes constatées sur les diverses catégories de soies, qui, de 18 à 19 0/0 avec la grège du Japon, passent à 28 et 30 0/0, avec la *trame* ouvrée en Chine.

Le *lavage* correspond, pour les laines filées, au décreusage des soies, et permet de constater, à la fois le degré d'épuration du textile et l'absence de charge. Car ici encore il faut compter avec des manœuvres destinées, dans certains cas, à tromper l'acheteur par l'addition de substances étrangères : glycérine, chlorure de magnésium, matières terreuses.

La *pratique de l'opération* est suivie de l'application au conditionnement de la perte trouvée au lavage, car nécessairement les résultats des deux essais doivent s'ajouter pour l'édification complète de celui qui a recours à ce double contrôle.

Une épreuve analogue est quelquefois pratiquée sur les fils de coton, bien qu'en raison du bas prix relatif de la matière, un essai de ce genre offre moins d'intérêt.

La troisième partie débute par la définition des titrages et numérotages qui varient suivant la nature, la provenance et la destination des fils et correspondent, le plus souvent, à d'anciennes mesures hors d'usage. On a peine à comprendre la persistance avec laquelle les diverses spécialités textiles conservent des numérotages infiniment moins commodes que ceux basés sur notre système décimal, et cela malgré les résolutions votées dans quatre Congrès successivement tenus à Vienne, à Bruxelles, à Turin, à Paris en vue de l'adoption d'une unification vraiment rationnelle. M. Persoz, après avoir étudié chaque système de numérotage et rappelé les calculs nécessaires à la conversion des différentes graduations en numéros kilogrammétriques c'est-à-dire exclusivement basés sur le gramme et sur le mètre, insiste justement sur la confusion provenant de l'état de choses actuel et signale les causes d'ordre international qui jusqu'ici se sont opposées à l'adoption d'une réforme désirée de la plupart des intéressés.

Les deux derniers chapitres sont consacrés aux essais de torsion des fils, puis aux mesures dynamométriques des fils et des tissus. Parmi les divers sérimètres et dynamomètres décrits, nous aurions souhaité trouver l'appareil *phrosodynamique* de Michel Alcan, qui offre l'avantage de permettre, avec le même instrument et sans perte de temps, des essais successifs de torsion et de ténacité sur des fils présentant de grands écarts de titre.

M. Persoz a lui-même inauguré récemment pour l'essai des tissus, des papiers, etc., une nouvelle méthode basée sur la *perforation*. Au lieu d'agir uniquement par traction dans le sens longitudinal ou dans la direction transversale de l'échantillon, l'auteur exerce une pression pro-

gressive au centre de rondelles découpées dans la matière à essayer et convenablement tendues à la circonférence, de manière à intéresser toutes les fibres de la surface.

Le dispositif imaginé dans ce but s'adapte à un dynamomètre de construction connue et l'expérimentateur trouve ainsi le moyen d'établir d'utiles comparaisons entre les résultats obtenus par les épreuves ordinaires et les effets de la perforation.

En résumé, l'*Essai des matières textiles* est mieux qu'un aide-mémoire, c'est, sous une forme abrégée, un véritable traité des méthodes de conditionnement, de titrage, d'essais de tous genres, que le négociant, le filateur et le tisseur ont un égal intérêt à bien connaître. Sans négliger la théorie de ces méthodes, M. Persoz a su grouper dans de nombreux tableaux, les chiffres qu'il importe d'avoir sous les yeux au cours des transactions quotidiennes; l'*Essai des matières textiles* possède donc le double mérite d'être à la fois une œuvre de vulgarisation technique et un *vade-mecum* très pratique.

Édouard Simon.

Traité de la fabrication des liqueurs et de la distillation des alcools, par P. Duplais aîné, 7e édition entièrement refondue par Marcel Arpin et Ernest Portier (1).

La série des éditions successives de l'ouvrage de P. Duplais atteste sa valeur et l'estime en laquelle il est tenu par les spécialistes. La 7e édition emprunte un intérêt nouveau à la façon dont la technologie de l'alcool a été complétée. Le sous-titre de « Distillation des alcools » n'est plus suffisant, car les collaborateurs ont entièrement transformé cette partie de l'œuvre initiale. Ils en ont constitué le tome I, et ce tome est un traité, résumé mais complet, de tout ce qui touche à la distillerie industrielle et agricole, c'est-à-dire, à la production de l'alcool employé par les liquoristes.

Les auteurs ont estimé que les liquoristes devaient acquérir des notions assez précises sur l'origine des matières premières qu'ils emploient, et, poussant ce raisonnement jusqu'au bout, ils ont consacré un chapitre à résumer toute la fabrication du sucre de cannes et de betteraves, le raffinage, et la fabrication du glucose.

Si concise que soit cette première partie de l'ouvrage, par rapport aux traités techniques spéciaux, nous devons rendre la justice qu'en tout cas les auteurs ont su introduire une description de tous les procédés récents les plus remarquables, et de toutes les découvertes scientifiques les plus intéressantes de ces derniers temps. Les chapitres sur les ferments en général et sur la fermentation industrielle sont bien mis à jour; de même les chapitres relatifs à la chimie des sucres, à l'analyse des alcools, à la purification des flegmes et à la rectification.

Dans le tome II, les auteurs ont moins innové; ils ont conservé son ancien cadre, tout en introduisant la description de certains progrès

(1) Librairie Gauthier-Villars.

relatifs à la constitution du laboratoire à vapeur, et un chapitre additionnel sur la fabrication des eaux et des boissons gazeuses.

En résumé, sous cette forme nouvelle, l'ouvrage quasi classique de Duplais est bien rajeuni, et il sera consulté avec fruit soit par les liquoristes soit par les producteurs d'alcool. Les auteurs nous semblent d'ailleurs avoir agi sagement en autorisant la vente des deux volumes isolément; les deux clientèles auxquelles ils s'adressent profiteront plus d'une fois de cette latitude.

Émile BARBET.

Le café (1), par M. Henri LECOMTE.

Cet ouvrage traite d'une manière très complète tout ce qui est relatif à la culture du café.

La préparation du café fait l'objet d'un chapitre spécial dans lequel on trouve la description du matériel employé à cette opération.

D'après une statistique la production totale de café en 1895 aurait été de 835 900 *t* anglaises (1 016 *kg*).

L'auteur examine la production du café dans les différents pays du globe et il donne des statistiques intéressantes au point de vue commercial.

M. Lecomte termine son ouvrage par l'examen des divers produits qui servent à la falsification du café. G. B.

Le cacaoyer (2), par MM. H. LECOMTE et C. CHALOT.

Nous signalons cette brochure à l'attention de ceux qui s'intéressent à la culture du cacaoyer et au commerce du cacao. G. B.

Le thé (3), par M. V. BOUTILLY.

Le thé originaire du royaume d'Assam, n'est connu en Europe que depuis le milieu du XVII^e^ siècle. Sa production annuelle est de 1 050 millions de livres.

La Guyane, la Nouvelle-Calédonie, la Réunion et une grande partie des hauts plateaux de Madagascar paraissent devoir se prêter à cette culture et au point de vue commercial il y aurait grand intérêt à développer les plantations de thé dans nos colonies. G. B.

Les arbres à gutta-percha (4), par M. H. LECOMTE.

Après des considérations générales sur les arbres à gutta-percha, l'auteur indique les différents procédés d'extraction. Dans un dernier cha-

(1) Volume in-8°. Carré et Naud, éditeurs.
(2) Volume in-8°. Carré et Naud, éditeurs.
(3) Volume in-8°. Carré et Naud, éditeurs.
(4) Volume in-8°. Carré et Naud, éditeurs.

pitre M. Lecomte donne des renseignements intéressants sur la production et le commerce des guttas.

Cette brochure se termine par un rapport à M. le ministre des Colonies sur l'acclimatation des arbres à gutta aux Antilles et à la Guyane.

G. B.

Tableaux de comparaison entre les éclairages usuels, par M. Ad. Bouvier (1).

Notre Collègue M. Bouvier a présenté au dernier congrès de la Société technique de l'Industrie du gaz en France tenu à Nice en 1898 une intéressante communication sur la comparaison entre les éclairages usuels. Cette communication forme une petite brochure qui sera certainement consultée avec fruit par les membres de la Société qui s'intéressent aux questions d'éclairage. G. B.

Une installation de voie aérienne pour le transport des charbons et représentation graphique d'une usine à gaz, par M. Ad. Bouvier (2).

Au même Congrès dont il est question ci-dessus, M. Bouvier a développé une communication sur une voie aérienne pour l'emmagasinage des charbons installée en 1893 à l'usine à gaz de Metz et sur les résultats économiques obtenus depuis cinq années avec ce système.

Dans la brochure qui a été tirée à part, notre Collègue donne également un nouveau mode de représentation graphique d'une usine à gaz en développement sur le plan vertical. G. B.

(1) Une brochure in-8°, de 20 pages et 4 planches. P. Mouillot, éditeur.
(2) Une brochure in-8°, de 12 pages. P. Mouillot, imprimeur.

TABLE DES MATIÈRES

CONTENUES

DANS LA CHRONIQUE DU 2e SEMESTRE, ANNÉE 1899

Air (Production commerciale de l') liquide. Octobre, 511; Novembre, 701.

Allemagne (Distribution de l'énergie électrique en). Octobre, 520; Novembre, 704.

Altitudes atteintes par les chemins de fer. Juillet, 112.

Architectes (Ingénieurs et). Octobre, 515; — (Réunion de la Société Suisse des Ingénieurs et). Novembre, 702.

Barrage (Le) le plus élevé du monde. Novembre, 690.

Centre (Hauteur du) de gravité des locomotives. Octobre, 509.

Chaudieres à vapeur. Novembre. 692.

Chemins de fer (Altitudes atteintes par les). Juillet, 112.

Circulation (La) dans les grandes villes. Juillet, 107.

Coke (Emploi du) dans les locomotives. Décembre, 853.

Commerciale (Production) de l'air liquide. Octobre, 511; Novembre, 701.

Compound (Les locomotives) système Webb. Octobre 508.

Condensation (Installations centrales de). Octobre, 503; Novembre, 694.

Constructions (Pression du vent sur les). Décembre, 848.

Développement (Historique du) de la machine de navigation aux États-Unis. Juillet, 105.

Distribution de l'énergie électrique en Allemagne. Octobre, 520; Novembre, 704.

Eau (Moteurs à pétrole et à gazoline pour élévation d'). Juillet, 110.

Électrique (État actuel de la question du soudage) des rails. Juillet, 113; — (Distribution de l'énergie) en Allemagne. Octobre, 520; Novembre, 704.

Électro-chimique (État actuel de l'industrie). Octobre, 511.

Élévation (Moteurs à pétrole et à gazoline pour) d'eau. Juillet, 110.

Emploi du coke dans les locomotives. Décembre, 853.

Énergie (Distribution de l') électrique en Allemagne. Octobre, 520; Novembre, 704.

État actuel de la question du soudage électrique des rails. Juillet, 113; — Actuel de l'industrie électrochimique. Octobre, 513.

États-Unis (Historique du développement de la machine de navigation aux). Juillet, 105.

Forestières (Richesses) et minérales du Soudan. Décembre, 856.

Gazoline (Moteurs à pétrole et à) pour élévation d'eau. Juillet, 110.

Gravité (Hauteur du centre de) des locomotives. Octobre, 509.

Hauteur du centre de gravité des locomotives. Octobre, 509.

Historique du développement de la machine de navigation aux États-Unis. Juillet, 105; — De la traction sur rails dans Paris. Octobre, 517.

Hôtel de l'Institution of Mechanical Engineers. Octobre, 510.

Industrie (État actuel de l') électro-chimique. Octobre, 513.

Ingénieurs (Hôtel de l'Institut des) mécaniciens anglais. Octobre, 510; et Architectes, Octobre, 515; — (Réunion de la Société Suisse des) et Architectes. Novembre, 702.

Installations centrales de condensation. Octobre, 503; Novembre, 694.

Institution (Hôtel de l'). of Mechanical Engineers. Octobre, 510.

Levage des ponts métalliques. Décembre, 847.

Liquide (Production commerciale de l'air). Octobre, 511; Novembre, 701.

Locomotives compound système Webb. Octobre, 508; — (Hauteur du centre de gravité des). Octobre, 509; — (Emploi du coke dans les). Décembre, 853.

Machine (Historique du développement de la) de navigation aux États-Unis. Juillet, 105.

Matière (La vie de la). Novembre, 699.

Minérales (Richesses forestières et) du Soudan. Décembre, 856.

Moteurs à pétrole et à gazoline pour élévations d'eau. Juillet, 110.

Navigation (La) du Volga. Juillet, 102; — (Historique du développement de la machine de) aux États-Unis. Juillet, 105; — (Progrès de la) à vapeur. Novembre, 696; Décembre, 850.

Paris (Historique de la traction sur rails à). Octobre, 517.

Pétrole (Moteurs à) et à gazoline pour élévations d'eau. Juillet, 110.

Ponts (Levage des) métalliques. Décembre, 847.

Pression du vent sur les constructions. Décembre, 848.

Production commerciale de l'air liquide. Octobre. 511; Novembre, 701.

Progrès de la navigation à vapeur. Novembre, 696; Décembre, 850.

Rails (État actuel de la question du soudage électrique des). Juillet, 113; — (Historique de la traction sur) dans Paris. Octobre, 517.

Réunion de la Société Suisse des Ingénieurs et Architectes. Novembre, 702.

Richesses forestières et minérales du Soudan. Décembre, 856.

Riggenbach (Nicolas). Octobre, 505.

Société (Réunion de la) Suisse des Ingénieurs et Architectes. Novembre, 702.

Soudage (État actuel de la question du) électrique des rails. Juillet, 113.

Soudan (Richesses forestières et minérales du). Décembre, 856.

Suisse (Réunion de la Société) des Ingénieurs et Architectes. Novembre, 702.

Traction (Historique de la) sur rails dans Paris. Octobre, 517.

Vapeur (Chaudières à). Novembre, 692; — (Historique du développement de la machine à) de navigation aux États-Unis. Juillet, 105; — (Progrès de la navigation à). Novembre, 696; Décembre, 850.

Vent (Pression du) sur les constructions. Décembre, 848.

Vie (La) de la matière. Novembre, 699.

Villes (La circulation dans les grandes). Juillet, 107.

Volga (La navigation du). Juillet, 102.

Webb (Locomotives compound système). Octobre, 508.

TABLE DES MATIÈRES

TRAITÉES DANS LE 2me SEMESTRE, ANNÉE 1899

(Bulletins)

ADMISSIONS DE NOUVEAUX MEMBRES

Pages.

Bulletins de Juillet, octobre, novembre et décembre. . 7, 382, 567 et 751

AUTOMOBILES

Concours des Poids lourds en 1898 et Concours des Fiacres automobiles en 1899, par M. G. Forestier, Inspecteur général des Ponts et Chaussées (séance du 21 juillet) mémoire. . . . . 17 et 157

Traction mécanique sur rails et sur route pour les transports en commun, par MM. L. Périssé et R. Godfernaux (séance du 6 octobre) mémoire (1re partie). . . . . 385 et 766

BIBLIOGRAPHIE

Arbres à Gutta-Percha, par M. H. Lecomte 884

Barèmes destinés à faciliter le calcul des ponts métalliques à une ou plusieurs travées, par MM. Dupuy et Cuënot. 738

Cacaoyer *(Le)*, par MM. H. Lecomte et C. Chalot 884

Café *(Le)*, par M. H. Lecomte 884

Distribution d'eau, par M. G. Dariès 555

Ecoles de Commerce en Allemagne et en France, par MM. Ed. Jourdan et G. Dumont. 369

Encyclopédie pratique du bâtiment *(Petite)*, publiée sous la direction de M. L. A. Barré. 737

Essai des Matières textiles *(L')*, par M. J. Persoz. 880

Etude relative à la composition des cuivres rouges destinés à la fabrication des tuyaux pour conduites de vapeur et d'eau et aux conditions de recette à imposer pour les fournitures de l'espèce, par M. Besson 880

Expériences nouvelles sur l'écoulement en déversoir, par M. H. Bazin, Inspecteur général des Ponts et Chaussées 556

Guide pratique pour la recherche et l'exploitation de l'or en Guyane française, par M. D. Levat 741

Installation de voie aérienne pour le transport des charbons et représentation graphique d'une usine à gaz *(Une)* par M. Ad. Bouvier 885

La liquéfaction des gaz et ses applications, par M. Julien Lefèvre. 742

Leçons sur l'électricité, par M. Eric Gérard. 447

Le Volta, *Annuaire de renseignements sur l'électricité et sur les industries annexes*, par M. C. Grollet. 589

Machines marines, par M. L. E. Bertin 740

Machines à vapeur et machines thermiques, par M. J. Dejust. . 368

Notes et formules de l'Ingénieur, par MM. Ch. Vigreux et Ch. Milandre 558

Tableaux de comparaison entre les éclairages usuels, par M. Ad. Bouvier 885

Thé *(Le)*, par M. V. Boutilly. 884

Traité de la construction, de la conduite et de l'entretien des voitures automobiles, publié sous la direction de M. Ch. Vigreux, par MM. Ch. Milandre et R. P. Bouquet, — IIIe volume, *Voitures à pétrole.* — IVe volume, *Voitures électriques* 146

Traité de la fabrication des liqueurs et de la distillation des alcools, par M. P. Duplais aîné, 7e édition, entièrement refondue, par MM. Marcel Arpin et Ernest Portier. 883

CHEMINS DE FER

Travaux de prolongement de la Compagnie du chemin de fer de Paris à Orléans jusqu'au quai d'Orsay *(au sujet de la visite aux)* par M. Brière (séance du 1er décembre). 753

Traverses de chemins de fer en « Quebracho Colorado » par M. J. Courau 201

Traverses métalliques de chemins de fer *(Les)*, par M. Auguste Moreau et observations de M. A. Ferré (séance du 1er décembre) mémoire. 672 et 754

CHIMIE INDUSTRIELLE

Les progrès récents de l'industrie de l'Ozone, par M. Otto et *observations* de MM. Richou, Gosselin, Badois, Hubou, Casalonga (séance du 17 novembre) 586

CHRONIQUE

Voir *Table des Matières Spéciales*. 886

COMPTES RENDUS

Bulletins de juillet, octobre, novembre et décembre. 115, 523, 707 et 868

CONGRÈS

De l'Association française pour l'avancement des Sciences à Boulogne-sur-Mer *(Compte Rendu du 28e Congrès)*, par MM. Arbel et R. Soreau, observations de M. Casalonga et note de M. Cacheux (séances des 10 et 17 novembre), mémoire . . . . . 574, 581 et 595

International d'aquiculture et de pêche, à Paris, du 14 au 19 septembre 1900 (séance du 17 novembre) 585

International des habitations à bon marché à Paris du 18 au 21 juin 1900 (séance du 17 novembre). 585

International de Sauvetage et des premiers secours à Paris, du 17 au 23 juillet 1900 (séance du 10 novembre) 573

International de surveillance et de sécurité en matière d'appareils à vapeur à Paris, le 16 juillet 1900 (séance du 7 juillet) 9

Des Sociétés Savantes, fixé au 5 juin 1900 *(38e Congrès)* (séance du 6 octobre). 385

CONSTRUCTIONS CIVILES

Calcul des murs de soutènement des terres en cas de surcharges quelconques, par M. S. Pichault . . . . . 210 et 844

Calcul des poutres en fer et ciment, par M. F. Chaudy 487

DÉCÈS

De MM. C.-J.-P. de Cuadra, Delorme, Leprêtre, Maegherman, Ch. Vincent, A. Andry, L.-A. Bezy, R. Bettig, A.-L. Boileau, M. Dony, G.-J. Duca, E.-J. Laveissière, H.-Ch. Letourneau, A.-E. Levêque, L.-V. Lockert, Ed. Maure, E. Michaud, M.-J.-A. Michaud, P.-N. Petre, H. Simon, Th.-M.-A. Desbrière, P. Chabrier, P.-E. Chalain, L.-F.-M. Hubert, G. Simon, baron Delort de Gléon, R.-L. Denis, F. Jasinski (séances des 21 juillet, 6 et 20 octobre, 10 et 17 novembre, 1er décembre).
14, 383, 390, 573, 585 et 752

DÉCORATIONS FRANÇAISES

CHEVALIERS DE LA LÉGION D'HONNEUR : MM. E. Blaise, J.-B. Chaussegros, O.-A. Darracq, E.-P.-J Niclausse, P. Wallerstein;

OFFICIER DE L'INSTRUCTION PUBLIQUE : M. J. Bergeron;

OFFICIERS D'ACADÉMIE : MM. A.-A. Bécard, G. Leroux, H. Riché, J.-P. Ferrière, L.-G. Worms, Bursaux, G. Griffisch;

OFFICIER DU MÉRITE AGRICOLE : M. G. Lefebvre-Albaret.

CHEVALIERS DU MÉRITE AGRICOLE : MM. A.-L.-F. Lotz, H.-J.-J. Murat.

DÉCORATIONS ÉTRANGÈRES

GRAND OFFICIER DU NICHAM IFTIKAR : MM. Dollfus Galline, Molinos.
COMMANDEURS : MM. J.-P. Ferrière, Louis Rey.
OFFICIER : M. Boileau.
CHEVALIER : M. Lucien Rey.
CHEVALIER DE D'OSMANICH : M. D. Favette.
(Séances des 21 juillet, 6 et 20 octobre, 10 et 17 novembre) 14, 384, 390, 573 et 585

DIVERS

Bureaux et Bibliothèque de la Société 15

Coupons de l'Emprunt de la Société 15

École spéciale d'Architecture le samedi 11 novembre *(Ouverture)* 573

Élection des membres du Bureau et du Comité, pour l'exercice de 1900 (séance du 15 décembre). 761

Prix Giffard de 1899, prorogé en 1902 (séance du 1er décembre) . 753

Prix Giffard à décerner en 1902 *(Sujet du)* (séance du 1er décembre) 753
Séance du 3 novembre reportée au 10 novembre (séance du 6 octobre). 389

Séance du 3 novembre reportée au 10 novembre (séance du 6 octobre) 389

Situation financière de la Société *(Compte rendu annuel de la)*, par M. L. de Chasseloup-Laubat, trésorier de la Société (séance du 15 décembre). 756

DONS

De M. Carcuac, des coupons échus et à échoir sur son obligation de l'Emprunt de la Société (séance du 21 juillet). . . . 15

De M. A. Loreau, d'une somme de 189 francs *(Abandon de coupons échus)* (séance du 20 octobre). 391

De M. G. Canet, d'une somme de 236 francs *(Abandon de coupons échus)* (Séance du 20 octobre) 391

De M. F. Hérard, d'une série de volumes et ouvrages pour la bibliothèque (séance du 20 octobre). 391

De M. Edmond Riffard, d'une collection de bois provenant du Chaco (République Argentine) (séance du 20 octobre). 391

ÉLECTRICITÉ

Les développements de l'Électricité aux États-Unis en 1899. Récentes installations électriques, par M. M. Delmas (séance du 10 novembre). Mémoire. . . . . 579 et 635

GÉNÉRATEURS

Tampons obturateurs automatiques contre les explosions par rupture de tubes dans les chaudières aquatubulaires, par M. A. Janet et *observations* de MM. E.-A. Barbet, G. Canet, R. Soreau et A. Mallet (séance des 17 novembre et 1er décembre). . . 592, 752 et 762

INFORMATIONS TECHNIQUES

Bulletins de juillet, octobre, novembre et décembre. . 124, 533, 719 et 864

JURISPRUDENCE ET LÉGISLATION

Absence de protection légale pour les dessins et modèles industriels fabriqués à l'étranger, notamment pour les Français qui y sont établis et les dangers de cette situation au point de vue de l'Exposition de 1900, par MM. Assi et Genès et *observations* de MM. Casalonga, Dumont, Mesureur, Ch. Baudry et Badois (séance du 6 octobre), mémoire . . . . . 386 et 497

Rôle de l'Association française pour la protection de la propriété industrielle, par Me Pouillet, ancien bâtonnier de l'ordre des avocats (voir bulletin de juin, page 944), mémoire 49

MINES

L'Australie Occidentale, par M. J. Garnier (séance du 1er décembre). 754

NAVIGATION

La Marine marchande, par M. J. Fleury (séance du 7 juillet), mémoire . . . . . 11 et 69

Transports par eau entre le Nord et Paris *(A propos des)*, par M. A. de Bovet. 187

NÉCROLOGIE

Sur M. Henry Simon, par M. G. Courtois. 267

Sur M. P.-E. Chalain, par MM. P. Müntz et Ed. Durand. 842

NOMINATIONS

De M. le Président de la Société des Ingénieurs Civils de France, comme membre du Comité de patronage du Congrès international de sauvetage et des premiers secours (séance du 1er décembre). 752

De M. Bel, comme membre du Comité d'installation de la classe 114 (séance du 21 juillet) 14

De M. E. Javaux, comme membre du Comité d'installation de la classe 23 (séance du 6 octobre) 384

De MM. Delaunay-Belleville, Borja de Mozota, E. Duchesne, H. Menier, E. Pereire, J. Rueff, comme membres du Conseil de la marine marchande (séance du 17 novembre) 585

De MM. Bidou, A. André, L. Weiller, comme conseillers du Commerce extérieur de la France (séances des 21 juillet et 17 novembre). . 14 et 585

De M. H. Couriot, comme membre du Conseil de surveillance du Conservatoire des Arts et Métiers (séance du 17 novembre) 585

OUVRAGES, MÉMOIRES ET MANUSCRITS REÇUS

Bulletins de juillet, octobre, novembre et décembre . . 3, 374, 563 et 747

PLANCHES

Nos 218 à 227.

PRIX ET RÉCOMPENSES

Médaille de vermeil de la Société d'Encouragement pour l'Industrie nationale, décernée à M. Canovetti (séance du 21 juillet). . 14

Prix d'encouragement de 500 francs de l'Académie de Lincei de Rome, décerné à M. Canovetti (séance du 21 juillet) 14

SOCIÉTÉS SAVANTES ET JOURNAUX PÉRIODIQUES

Assemblée générale de la Société des Ingénieurs et Architectes suisses à Winterthur, les 24 et 25 septembre *(Invitation de se faire représenter et nomination de délégués)* (séance du 21 juillet). 15

Cinquantenaire de l'Union des Ingénieurs et Architectes d'Autriche, par M. A. Jacqmin. 271

Conférence de M. Golliez, professeur à l'Université de Lausanne, sur les *applications de la géologie aux travaux du chemin de fer de la Jungfrau*, avis de M. J. Bergeron, ancien Président de la Société Géologique de France (séance du 1er décembre). 753

TRAVAUX PUBLICS

Avre et de ses affluents et des sources en aval des pertes *(Études des pertes de l')*, par M. F. Brard; lettres de MM. H. Portevin, G. Bechmann et Boursault; *observations* de MM. Ferray, Badois, Doniol, Hubou, Dumont, Boursault et Brard (séances des 20 octobre, 10 et 17 novembre) mémoire. . . . . 391, 397, 569 et 582

Description de l'état actuel d'avancement des grands travaux de chemins de fer entrepris à Paris en vue de l'Exposition universelle de 1900, par M. E. Hubou 338

Le Métal déployé *(Fabrication et emplois)*, par M. P. Chalon (séance du 7 juillet) mémoire. . . . . 9 et 20

Rôle de l'Ingénieur dans les œuvres d'architecture, par M. L. Benouville (séance du 21 juillet) mémoire . . . . . 15 et 151

VISITES

Automobiles *(Visite faite à l'Exposition des)* (séance du 7 juillet). 9

Chantiers de l'Exposition de 1900 *(Visites faites aux)* (séances des 7 juillet, 17 novembre et 1er décembre) . . . . . 9, 585 et 753

Compagnie du Métal déployé, à Saint-Denis *(Invitation de visiter l'usine de la)* (séance du 7 juillet). 11

Panorama de la bataille d'Iéna *(Prix réduit fait aux Membres de la Société visitant le)* (séance du 10 novembre). 574

Parc agricole d'Achères *(Visite au)* (séance du 7 juillet) 9

Travaux au chemin de fer d'Orléans, le 2 décembre 1899 *(Visite aux)* (séances des 17 novembre et 1er décembre). . . . . 585 et 753

TABLE ALPHABÉTIQUE

PAR

NOMS D'AUTEURS

DES MÉMOIRES INSÉRÉS DANS LE 2e SEMESTRE, ANNÉE 1899.

Pages

Arbel (P.) et **Soreau (R.)**. — Compte rendu du 28e Congrès de l'Association française pour l'Avancement des Sciences (bulletin de novembre). 595

Assi et Genès. — L'absence de protection légale pour les dessins et modèles industriels fabriqués à l'étranger, notamment par les Français qui y sont établis et les dangers de cette situation au point de vue de l'Exposition de 1900 (bulletin d'octobre). 497

Baignères (G.). — Informations techniques . . . . . 550, 552 et 553

Benouville (L.). — Du rôle de l'ingénieur dans les œuvres d'architecture (bulletin d'août) 151

Bovet (A. de). — A propos des transports par eau entre le Nord et Paris (bulletin d'août) 187

Brard (F.). — Étude des pertes de l'Avre et de ses affluents et des sources en aval des pertes (bulletin d'octobre) 397

Chalon (P.). — Le métal déployé. — Fabrication et emplois (bulletin de juillet). 20

Chaudy (F.). — Le calcul des poutres en fer et ciment (bulletin d'octobre) 487

Courau (J.). — Traverses de chemin de fer en « Quebracho Colorado » (bulletin d'août) 201

Courtois (G.). — Informations techniques. . . . . 535, 536, 721 et 722

Courtois (G.). — Notice nécrologique sur M. Henry Simon (bulletin d'août). 267

Delmas (M.). — Les développements de l'électricité aux États-Unis en 1899. — Récentes installations électriques (bulletin de novembre) . . . 635

Delmas (M.). — Informations techniques 145

Durand (Ed.) et Müntz (P.). — Notice nécrologique sur M. P.-E. Chalain (bulletin de décembre) 842

Fleury (J.). — La marine marchande (bulletin de juillet) 69

Forestier (G.). — Concours des Poids Lourds de 1898 et le deuxième concours des fiacres automobiles en 1899 (bulletin d'août) 157

Genès et Assi. — L'absence de protection légale pour les dessins et modèles industriels fabriqués à l'étranger, notamment par les Français qui y sont établis et les dangers de cette situation au point de vue de l'Exposition de 1900 (bulletin d'octobre) 497

Godfernaux (R.). — Chronique 517

Godfernaux (G.) et Périssé (L.). — Traction mécanique pour les transports en commun sur rails et sur routes (1re partie) (bulletin de décembre) 766

Hubou (E.). — Description de l'état actuel d'avancement des grands travaux de chemins de fer, entrepris à Paris en vue de l'Exposition Universelle de 1900 (bulletin de septembre). 338

Hubou (E.). — Chronique . . . . . 520 et 704

Jacqmin (A.). — Le Cinquantenaire de l'Union des Ingénieurs et Architectes d'Autriche (bulletin de septembre) 271

Janet (A.). — Tampons pour l'obturation automatique des tubes de chaudières aquatubulaires en cas de rupture (bulletin de décembre) 762

Jannettaz (P.). — Informations techniques. . . . . 730 et 736

Journolleau (L.). — Informations techniques. . . . . 542, 545 et 546

Labro (Ch.). — Bibliographie de l'ouvrage de M. L.-A. Barré sur une petite encyclopédie pratique du bâtiment, publiée sous sa direction (bulletin de novembre) 737

Le Roy (F.). — Informations techniques. 144

Mallet (A.). — Chronique . . . . . 102, 503, 690 et 847

Mallet (A.). — Comptes rendus . . . . . 115, 523, 707 et 858

Mallet (A.). — Informations techniques. . . . . 124, 533, 719 et 864

Moreau (Auguste). — Les traverses métalliques (bulletin de novembre) 672

Müntz (P.) et Durand (Ed.). — Notice nécrologique sur M. P.-É. Chalain (bulletin de décembre) 842

Périssé (L.). — Chronique 517

Périssé (L.). — Informations techniques . . . . . 538 et 540

Périssé (L.) et Godfernaux (R.). — Traction mécanique pour les transports en commun sur rails et sur routes (bulletin de décembre) . . . 766

Pichault (S.). — Calcul des murs de soutènement des terres en cas de surcharges quelconques (bulletins d'août et de décembre) . . . 210 et 844

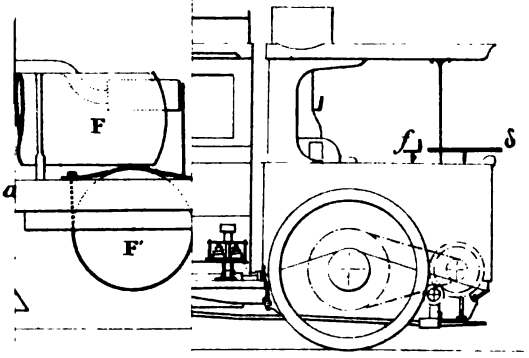
Pouillet. — Modifications à apporter à la législation française en ce qui touche la propriété industrielle et le rôle de l'Association française pour la protection de la propriété industrielle (bulletin de juillet) 49

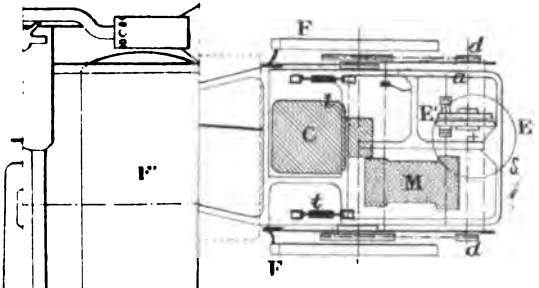
Soreau (R.) et Arbel (P.). — Compte rendu du 28e Congrès de l'Association française pour l'avancement des sciences (bulletin de novembre). 595

Le Gérant, Secrétaire administratif,
A. DE DAX.

IMPRIMERIE CHAIX, RUE BERGERE, 20, PARIS — 25998-12-99. — (Encre Lorilleux).

ibus Weidhnecht





de la pompe à

au pointeau n°

des purgeurs.

de l'admission

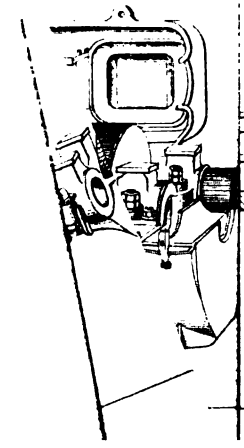
n de la chaudière

de vapeur aux

des moteurs.

pe G E 800)

de Rouen)



de Berlin

Coupe C D

Coupe E F

Légende de la fig. 9

C	Chaudière.
M	Moteur.
E	Engrenages.
d	Chaînes.
t	Tendeurs
F	Roues motrices.
D	Roues directrices
δ	Volant de direction.

Légende de la fig. 10

A	Cylindres
B	Chaînes.
C	Caisses à charbon.
D	Caisses à eau.
E	Siège du conducteur
K	Chaudière Nielausse.

Imp. L. Courmer, 43, rue de Dunkerque, Paris